اعدا د : م / محمد ا براهيم السيد

شركة ميدوم

Refinery mechanical equipment

الاجهزه الميكانيكيه فى شركات تكرير البترول

مقدمه عامه: حيث ان الصناعه البتروليه هى من اهم الصناعات فى جميع دول العالم لذا تحظى هذه الصناعه بإهتمام خاص من كل شركات تصنيع المعدات.

وتنقسم المعدات فى مصافى البترول الى :-

1- معدات دواره مثل:
- المضخات Pumps
- الضواغط Compressors

2- معدات ثابته مثل:
- الافران Heaters
- الغلايات Boilers
- الابراج Towers
- الأوعيه Vessels
- المستودعات Storage tanks
- المبدلات الحراريه Heat exchangers

وسينحصر الحديث فى هذا الجزء عن المبدلات الحرارية و الافران والغلايات البخارية.

اولاً:المبدلات الحراريه Heat exchangers

مقدمه:-

تعتبر المبدلات الحراريه من اهم المعدات المستخدمه داخل مصافى البترول وذلك لانها تحاظ على الطاقه ومن ثمَ فإنها تقلل من مصاريف التشغيل وترفع كفاءة مصافى البترول وللحديث عن المبدلات الحراريه لابد من فكره مبسطه عن مبادئ الإنتقال الحرارى.

يعتبر الإننقال الحرارى من اهم العمليات الطبيعيه التى تتم داخل مصافى البترول وهو يقوم على أُسس طبيعيه لا تتبدل ولاتتغير اهمها.

- ان الطاقه لا تفنى ولا تستحدث من العدم (قانون نيوتن الاول)
- ان الحراره تنتقل بين الاجسام بشرط وجود إختلاف فى درجات الحراره.

وهنا لابد من التفريق بين درجة الحرارة Temperature والحرارة ذاتها Heat

فدرجة الحرارة هى مقياس لكمية الطاقه التى تفقدها أو تكتسبها جزيئات الماده عند انتقال كميه من الحراره منها وإليها ويرمز اليها بالرمز T وتقاس بالفهرنيت F او السلزيوس C

اما الحرارة (Heat) فهي إحدى أشكال الطاقة والتي يترافق معها حركة الذرات أو الجزيئات أو أي جسيم يدخل في تركيب المادة و بالإمكان الحصول على الحرارة عن طريق التفاعلات الكيماوية كالاحتراق، أو التفاعلات النووية كالاندماج النووي الذي يحدث في الشمس أو الإشعاع الكهرومغناطيسي كما يحدث في المواقد الكهرومغناطيسية (ميكروويف) أو الميكانيكي (الحركي) مثل الاحتكاك.

يمكن للحرارة أن تنتقل بين الأجسام عن طريق الإشعاع أو التوصيل حراري أو الحمل الحراري و لا يمكن للحرارة أن تنتقل بين جسمين أو بين نقطتين في جسم واحد إلا إن كانت درجات الحرارة بينهما مختلفة وحيثما يوجد اختلاف في درجة الحرارة ، تنتقل الطاقة الحرارية heat energy بالنقل أو الحمل أو الإشعاع من المكان الاسخن إلى الابرد فيزيد ذلك الطاقة الداخلية internal energy للذرات الابرد فترتفع درجة حرارتها و تنخفض طاقة الذرات الاسخن فتتدنى درجة حرارتها. و يستمر ذلك حتى تتساوى درجة الحرارة في منطقة (تسمى بالاتزان الحراري thermal equilibrium

ويرمز للحرارة بالرمز Q واشهر الامثله عليها قطعة الثلج الصلبه إذا تعرضت للحراره تتحول الى مياه سائله وأذا زادت كمية الحراره تتحول المياه الى بخار ماء.

وهناك ثلاث طرق رئيسيه معلومه للإنتقال الحرارى لابد من معرفتها معرفه جيده لكى يتثنى لنا معرفة ما يحدث داخل المبدلات الحراريه.

طرق إنتقال الحراره Method of heat transfer

1. الإشعاع Radiation

2. الحمـل Convection

3. التوصيل Conduction

1- الاشعاع Radiation

وفى هذه الطريقه يتم انقال الحراره بواسطة الاشعه المنبعثه من الاجسام السخنه الى الاجسام البارده عن طريق الموجات الكهرومغناطسيه واقرب مثال لهذه الطريقه هو انتقال الحراره من اشعة الشمس الى سطح الارض بواسطة الموجات الكهرومغناطسيه مع العلم ان هذا النوع من الإنتقال الحرارى لا يعلب دور كبير داخل المبدلات الحراريه لكنه يلعب دور رئيسى فى الافران.

2- الحمل Convection

وتعتبر هذه الطريقه من اكثر الطرق إستخداماً فى الحياه اليوميه وفيها يتم تسخين أو تبريد السوئل والغازات عن طريق تيارات الحمل التى تتكون فى الوسط المحيط بها نتيجة إختلاف درجات الحراره على شرط الاخذ فى الاعتبار ان السوائل والغازات كلما زادت درجة حرارتها كلما خف وزنها و العكس لذا توضع سخانات التدفئه فى اسفل الغرف بينما توضع اجهزة التبريد فى اعلاها حيث انه عند التسخين تنبعث الحراره من وسيلة التسخين فترتفع درجة حرارة الوسط المحيط بها وبهذا يخف وزنه فيصعد الى الأعلى بينما يهبط الجزء البارد محدثاً تيارت الحمل ويحدث العكس تماما عند التبريد.

3- التوصيل Conduction

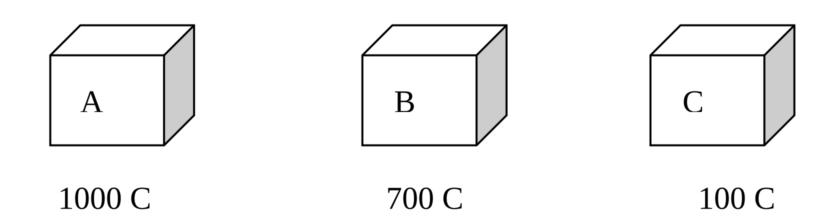
وفى هذه الطريقه يتم انتقال الحراره بواسطة الإتصال المباشر بين المواد ذات درجات الحراره المخلتفه حيث يتم انتقال الحراره من المواد الساخنه الى الاخرى البارده. ولهذه الطريقه دور هام داخل المبدلات الحراريه.

العوامل المؤثرة فى أنتقال الحراره

- الفرق بين درجات الحراره لمادتى التبديل
- الموصليه الحراريه (نوع المعدن)
- المساحه السطحيه
- سمك المعدن
- زمن التلامس
- إتجاه السريان

1- الفرق بين درجات الحراره لمادتى التبديل Temperature difference

تتناسب كمية الحراره تناسباً طردياً مع الفرق بين درجات الحراره لمادتى التبديل فكلما زاد الفرق فى درجات الحرارة زاد معدل انتقالها مع الحفاظ على بقية العوامل الاخرى.



فى الشكل الموضح لنفرض هذه المواد لها نفس الوزن والحجم والماده فإن كمية الحرارة المنتقله من المادة A الى المادة C يكون اكبر من الكمية المنتقله من الماده A الى B

$$Q_{a \rightarrow c} = MCp\Delta T = MCp(1000-100) = 900MCp$$

$$Q_{a \rightarrow b} = MCp\Delta T = MCP\ (1000-700) = 300MCp$$

$$Q_{a \rightarrow c} / Q_{a \rightarrow b} = 900MCp / 300MCp = 3:1$$

حيث M ترمز الى وزن المواد وهى متساويه وكذلك Cp ترمز الى السعه الحراريه للمواد وهى متساويه و الرمز Q كمية الحراره .

2- التوصليه الحراريه (نوع الماده) Thermal Conductivity

التوصليه الحرارية تعبر عن قدرة الماده على توصيل الحرارة وتعتبر من اهم العوامل المؤثره على معدل انتقال الحراره وهى خاصيه ثابته لكل ماده حيث انها تختلف بإختلاف التركيب الجزيئ للماده ولهذا فهى متغيره بالنسبه للسوائل والغازات مع تغير درجة الحرارة. ويرمز اليها فى المراجع العلميه بالرمز K ويعتبر النحاس من اجود المعادن فى التنصيل الحرارى لذا يستخدم فى معدات التبديل الحرارى.

3- المساحه السطحيه surface area

تتناسب مساحة السطح تناسباً طردياً مع معدل انتقال الحرارة أى أنه كلما زادت مساحة السطح الملامس لمادتى التبادل كلما زاد معدل انتقال الحرارة بينهما و كلما قلت مساحة السطح الملامس لمادتى التبادل كلما قل معدل انتقال الحرارة بينهما.

4- سُمك المعدن Thickness

تتناسب سُمك المعدن تناسباً عكسياً مع معدل انتقال الحرارة أى أنه كلما زادت سُمك المعدن كلما قل معدل انتقال الحرارة بين مادتى التلامس و كلما قل سُمك المعدن لمادتى التبادل كلما كان معدل انتقال الحرارة بينهما جيدًا.

5- زمن التلامس Residence time

يتناسب زمن التلامس تناسباً طردياً مع معدل انتقال الحرارة أى أنه كلما زاد زمن التلامس بين مادتى التبادل كلما زاد معدل انتقال الحرارة بينهما و كلما قل زمن التلامس بين مادتى التبادل كلما قل معدل انتقال الحرارة بينهما.

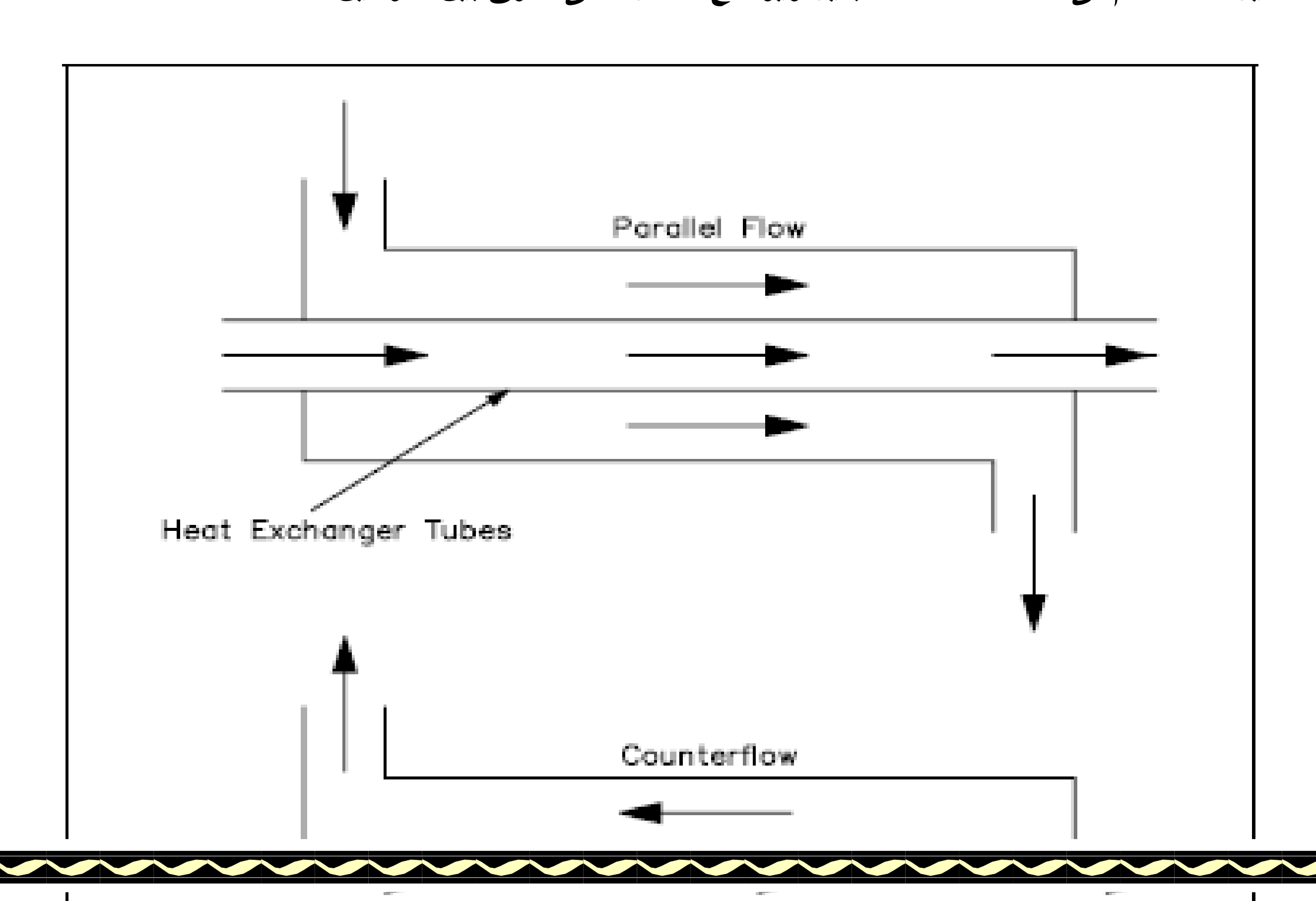
6- إتجاه السريان Flow direction

يؤثر إتجاه السريان تأثيراً مباشر فى معدل أنتقال الحرارة ولمعرفة مدى هذا التأثير لابد اولاً من معرفة الاشكال المختلفة لإتجاه السريان حيث يوجد طريقتان مستخدمتان فى معدات التبديل الحرارى وهى

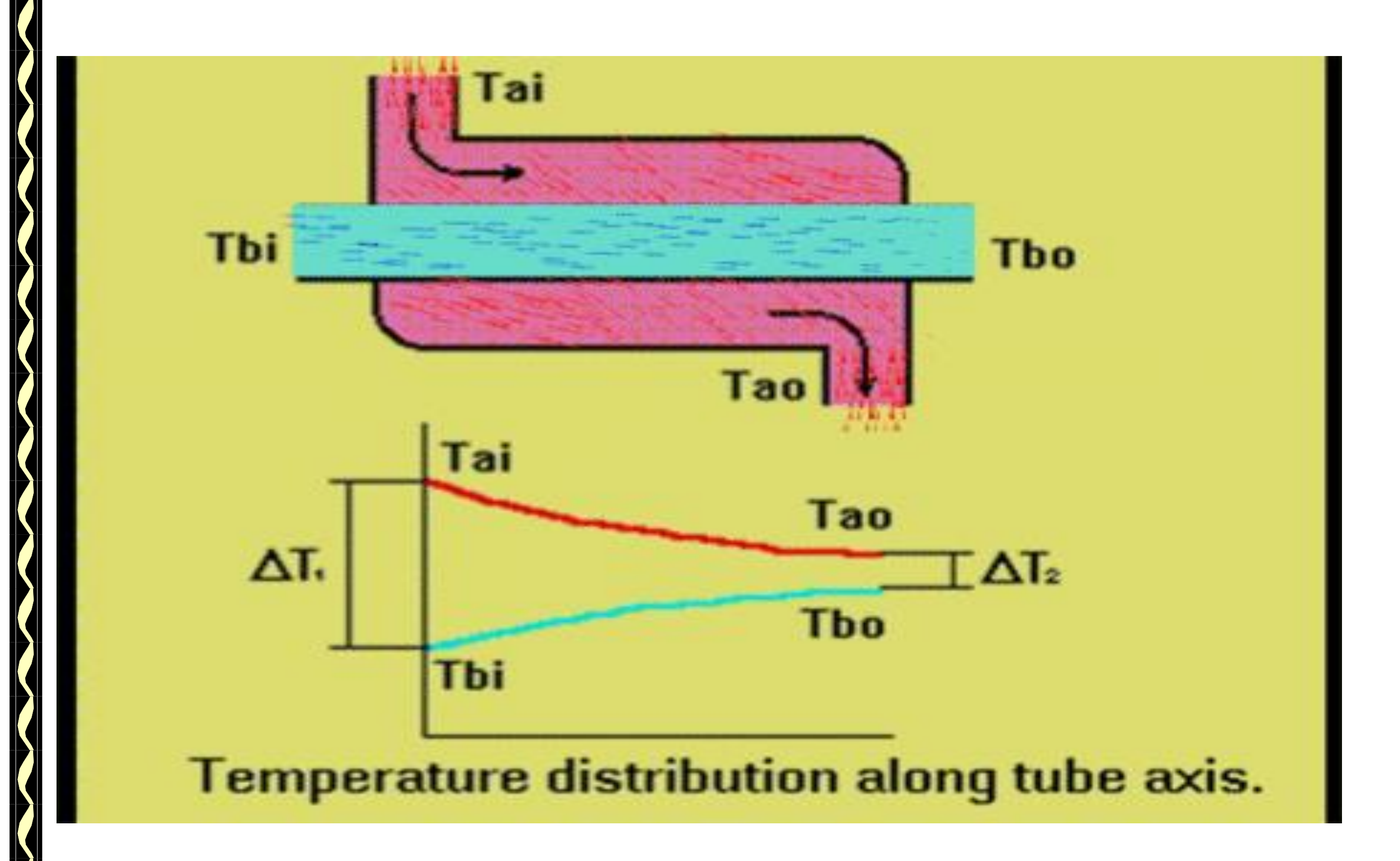
- اتجاه السريان العكسى Counter current
- اتجاه السريان المتوازى parallel current

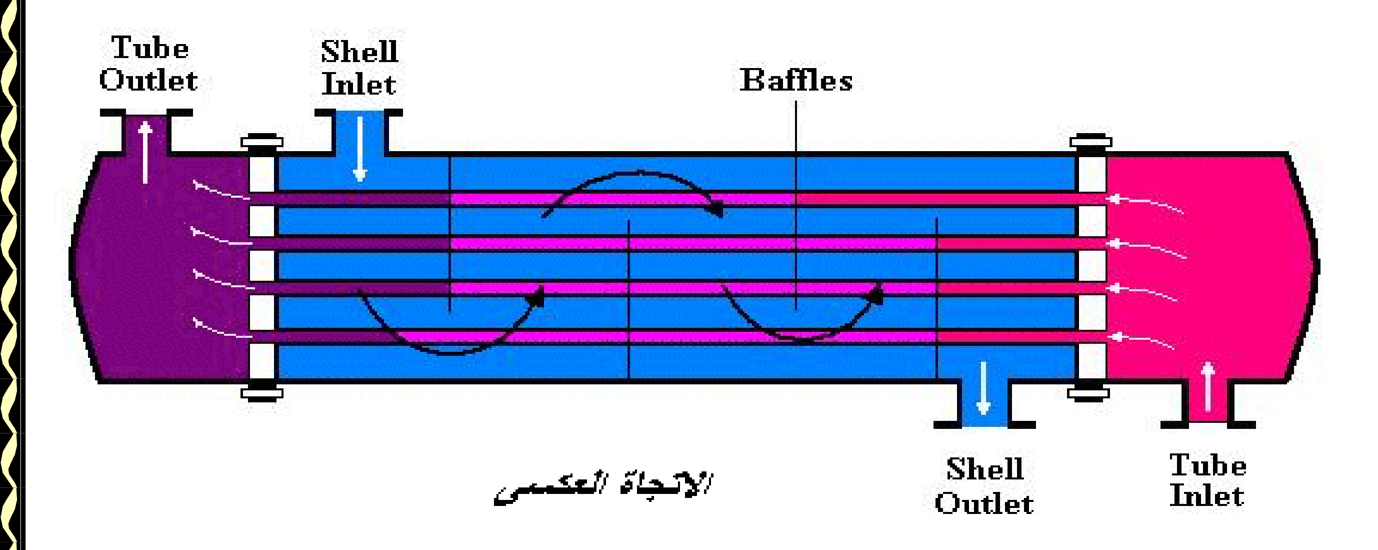
ففى النوع الاول Counter current يكون دخول مادتى التبادل الحرارى لمعدة التبادل فى اتجاهين مختلفين بحيث يكون دخول احدى المادتين من جهه والاخرى من الاتجاه الاخر مما يسمح بتبادل جيد بينهما وهذا النوع هو الاكثر شيوعاً فى معدات التبريد.

أما النوع الثانى Parallel current فيكون دخول وخروج مادتى التبادل من نفس الاتجاه هذا النوع قليل الاستخدام فى صناعة معدات التبديل ويوضح الشكل الاتى الفرق بين النوعين.



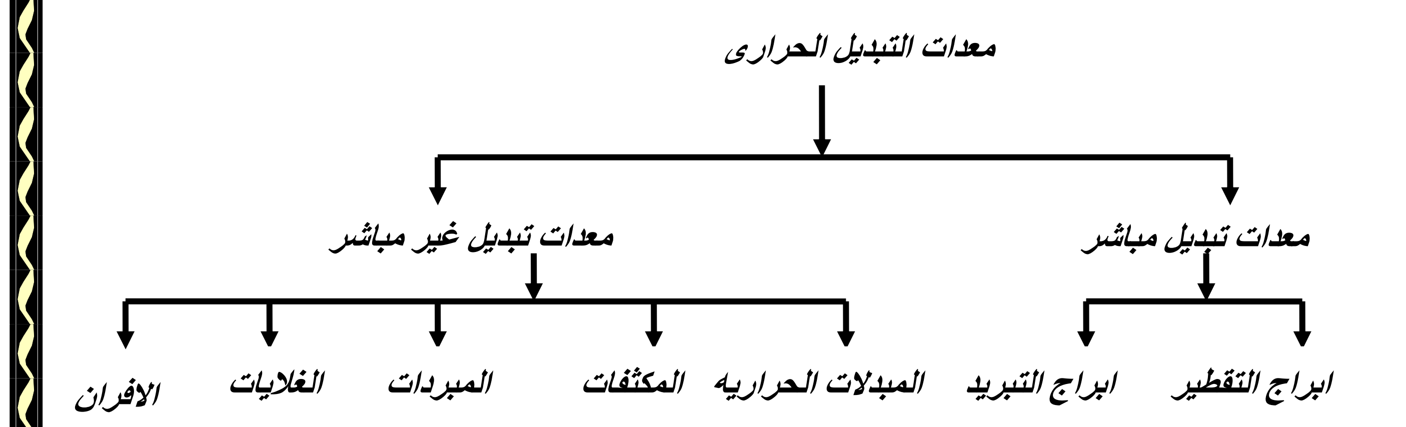
اتجاه السريان المتوازى parallel current





وبعد هذه النبذه المختصره عن طرق الانتقال الحرارى و العوامل المؤثرة فيها لابد لنا من دراسة مستفيضه عن معدات التبادل الحرارى و التى هى محور حديثنا فيمل بعد.

و فيما يلى تقسيم مبسط لمعدات التبديل الحرارى:

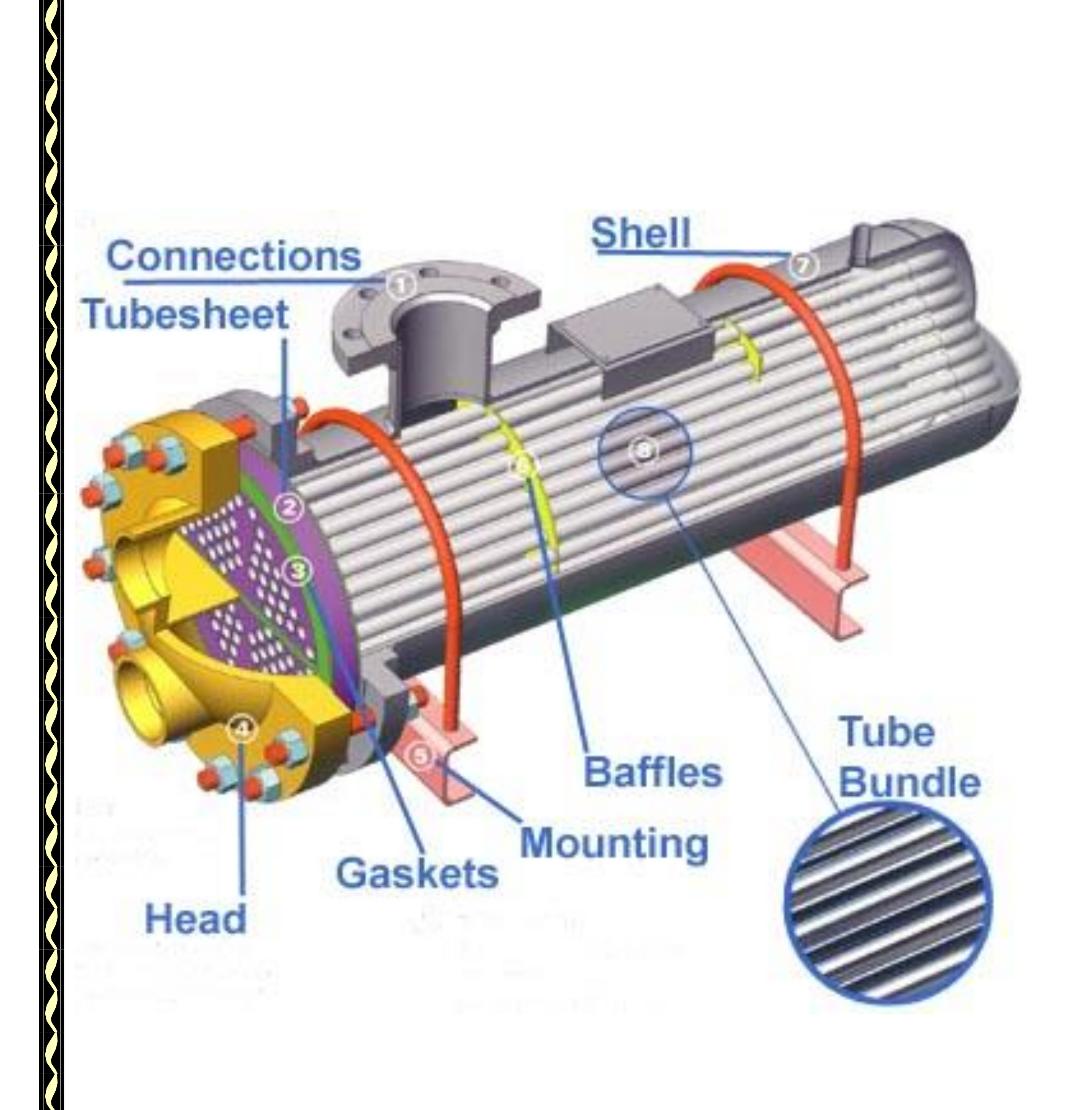


و يتضح من الشكل السابق ان معدات التبادل الحرارى تنقسم الى قسمين اثنين

- ***معدات تبادل مباشر***
- ***معدات تبادل غير مباشر***

و فى النوع الاول يتم التبديل بالتلامس المباشر بين مادتى التبديل كما يحدث فى ابراج التقطير و ابراج التبريد اما النوع الثانى فيكون انقتال الحراره عبر وسط ثالث كالأنابيب او المواسير كما يحدث فى البدلات الحرارية و الأفران و الغلأيات و التى سوف نتناواها بالشرح و التفصيل.

Terminology	Primary Function
Condenser	Condenses vapors in a process stream that enters the exchanger.
Cooler	Cools a process stream, usually by water, but can use air or other process fluid.
Chiller	Cools a process stream by refrigerant to a temperature that is lower than the prevailing water temperature.
Evaporator/ Vaporizer	Evaporates a process fluid by use of a heating medium such as steam.
Reboiler	Heats a liquid in a recirculating cycle to the boiling point.
Steam Generator	Produces steam from boiler feedwater.
Heater	Heats fluid but does not vaporize. Heating medium is usually steam or another hot fluid.
Waste-Heat Boiler	Produces steam from condensate or boiler feedwater by removal of


Shell
Connections
Tubesheet
Tube
Bundle
Baffles
Mounting
Gaskets
Head

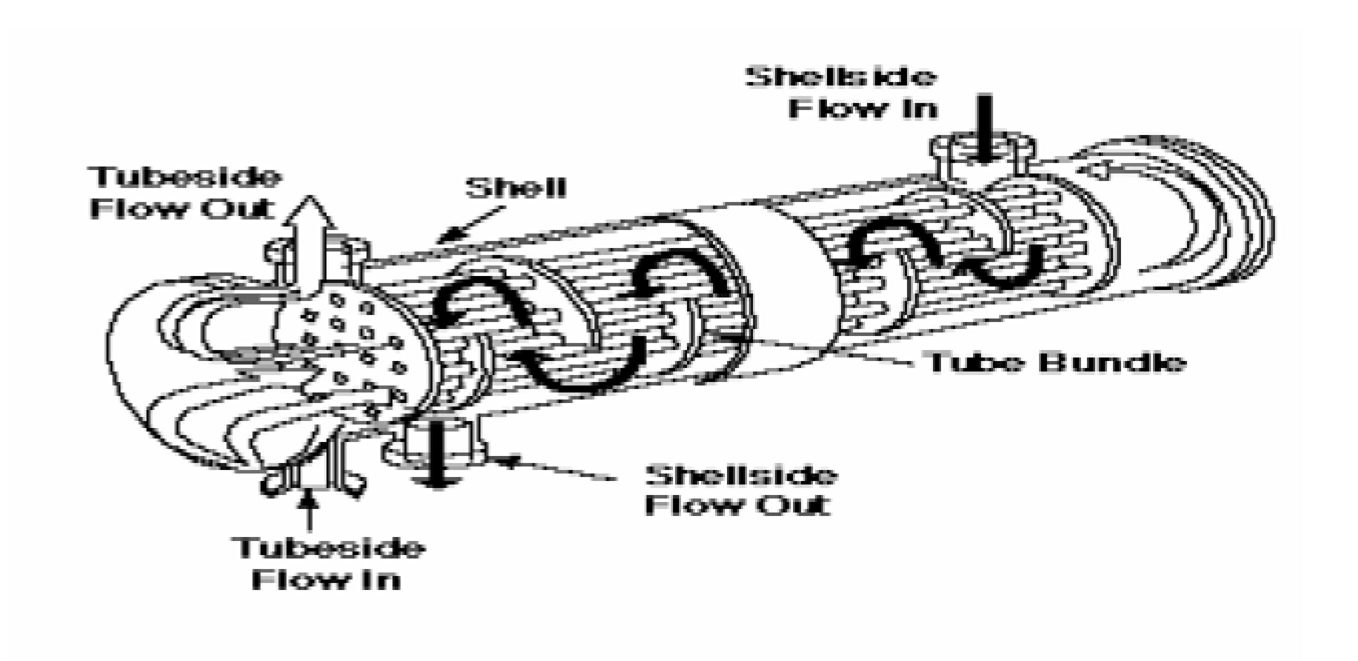
اولاً:المبدلات الحراريه Heat exchangers

من المعلوم ان للمبدلات الحراريه عائداً إقتصادى كبير فى صناعة البترول حيث تقوم بالتسخين الابتدائى لتغذية الوحدات عن طرق تبريد المنتجات دن الحاجه لاستهلاك مزيد من الوقود فى عملية التسخين وكذلك توفر المزيد من معدات التبريد للمنتجات وبهذا فى توفر من الانفاق الثابت Fixed cost وكذا مصاريف التشغيل Operating cost

ولتعرف على المبدلات الحراريه لابد من معرفة المكونات الاساسيه لها وكذلك انواعها

المكونات ألأساسيه للمبدل

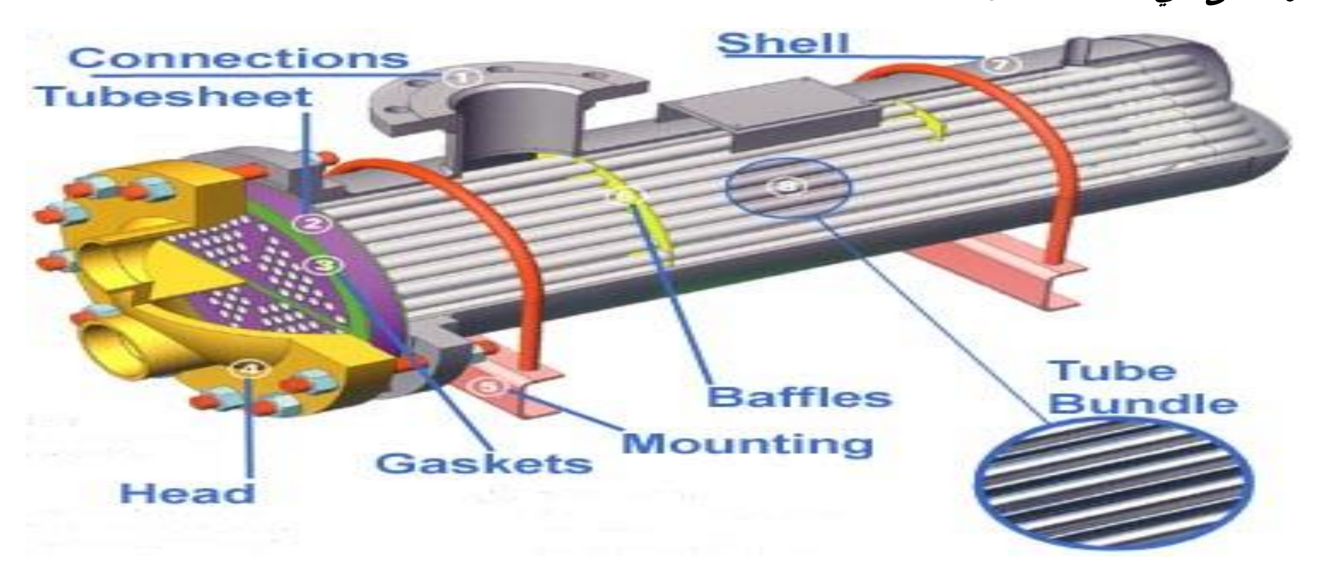
- الأنابيب Tubes
- الغلاف Shell
- الحواجز Baffles
- فتحة التهويه Vent
- فتحة التصريف Drain
- فتحة دخول الغلاف Shell inlet nozzle
- فتحة الخروج من الغلاف Shell outlet nozzle
- فتحة دخول المواسير Tube inlet nozzle
- فتحة الخروج من المواسير Tube outlet nozzle



فوائد الأجزاء الاساسيه للمبدل:

1) الانابيب "TUBES":

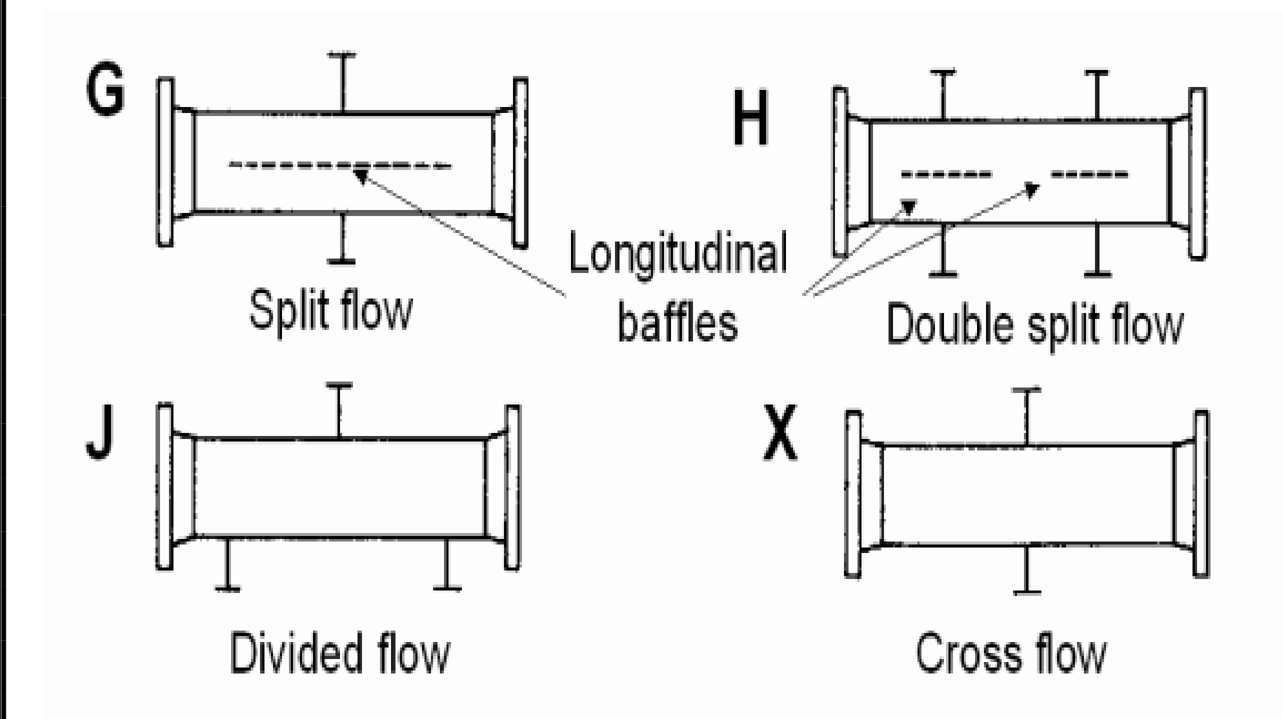
وبها تمر احدي مادتي التبديل الحراري وعاده ما يكون المادة الأقل في درجه الحرارة والأخف لزوجه والأعلى في معدلات التآكل



2) الغلاف "SHELL":

وهو يعبر عن الجسم الخارجي للمبدل الحراري وبه يوجد كل مكونات المبدل الحراري وتمر به احدي مادتي التبديل وعاده ما تكون الأعلى في درجه الحرارة والأعلى في اللزوجة والأقل في التآكل حتى لا يحدث تأكل في الجسم الرئيسي للمبدل.





3) الحواجز " BAFFLES":

تعتبر حواجز الاصطدام "Impingement baffles" من الأجزاء إلهامه داخل المبدلات الحرارية حيث إنها تحمى أنابيب المبدل من النحر نتيجة اندفاع السوائل داخل جسم المبدل " shell" كما إنها تساعد على التبادل الجيد لدرجات الحرارة بين مادتي التبادل .



4)فتحه التـهوية"vent ":

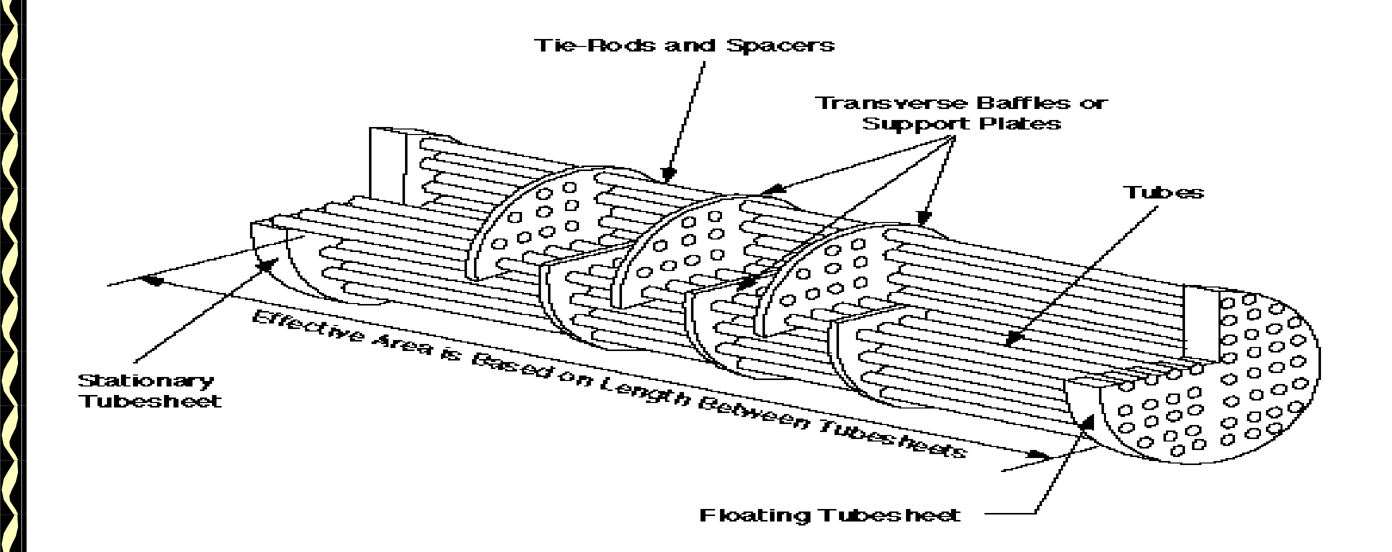
وتستخدم هذه الفتحه لطرد الهواء داخل المبدل عند بدايه دخوله التشغيل.

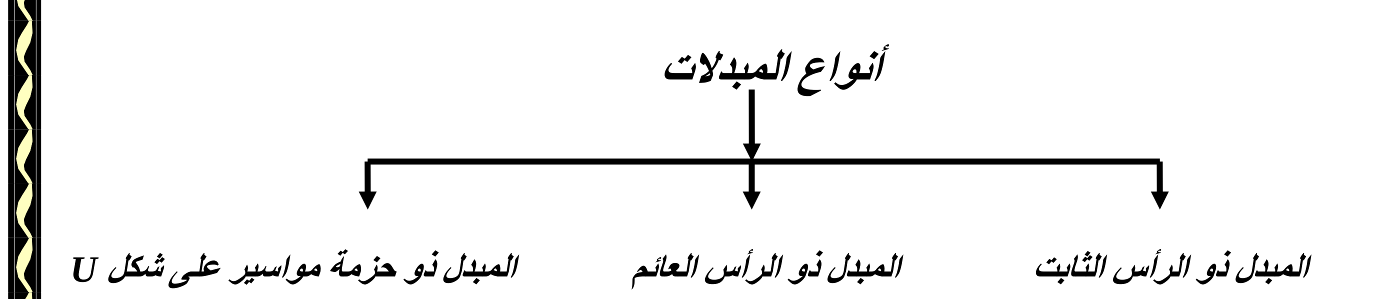
5)فتحه التصفيه"drain ":

وتستخدم لتصفيه المبدل من السائل الذى يمر فى الغلاف اثناء خورج المبدل من التشغيل وادخاله للصيانة.

6)الرأس العائم "floating head":

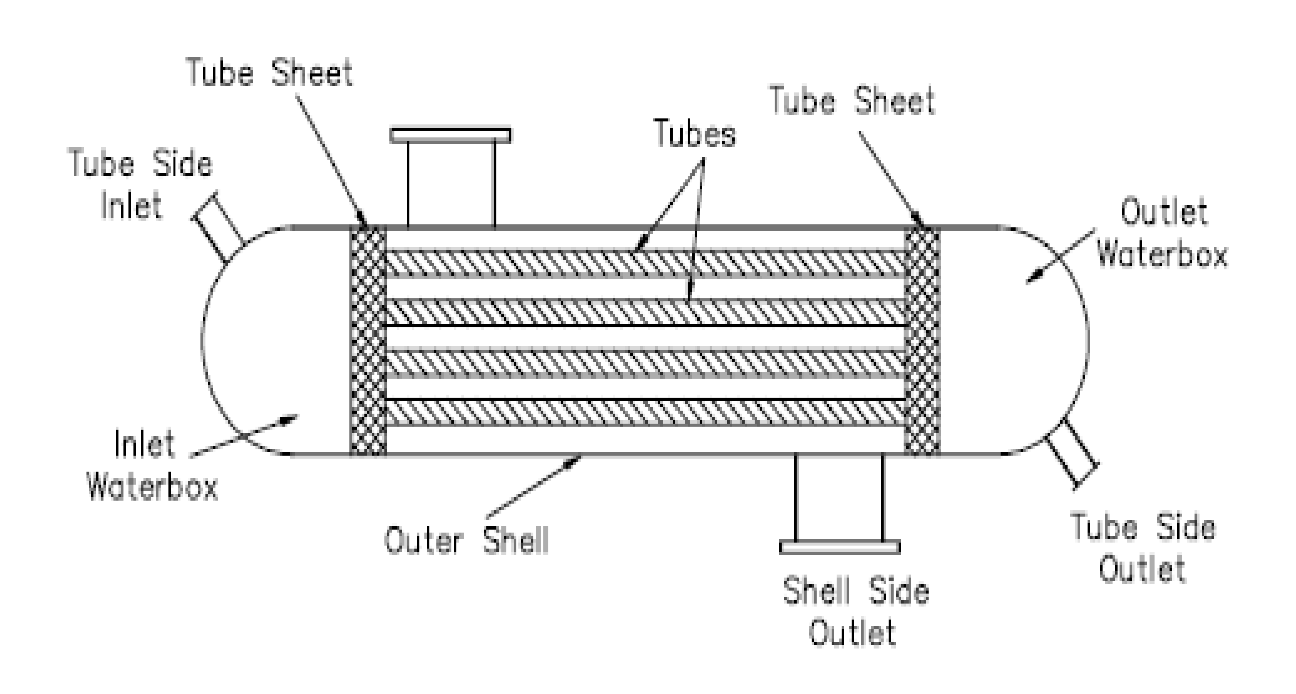
يركب داخل الغلاف ولكنه غير مثبت به اى انه حر الحركه "عائم" ويثبت به احدى نهايتى الانابيب وبما انه عائم فأنه يسمح للانابيب بالتمدد والانكماش عند تعرضه لدرجات الحراره المختلفه.





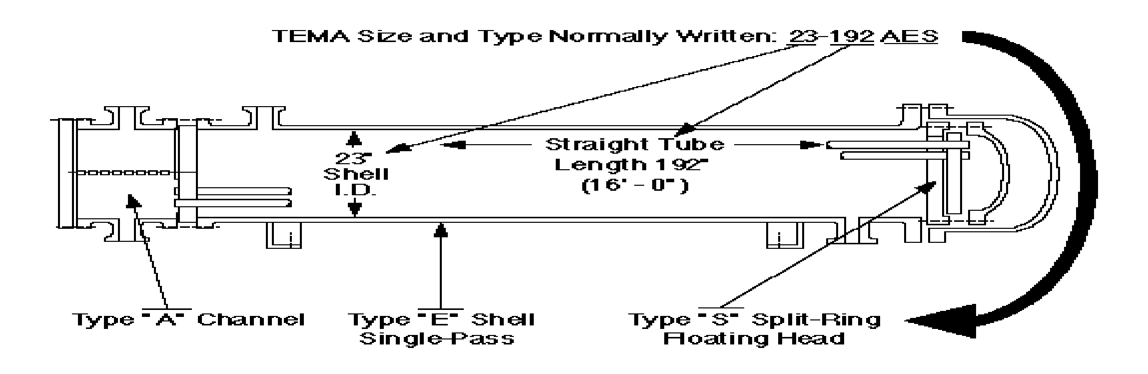
أولا: المبدل ذو الرأس الثابت Fixed Head Exchanger

هذا النوع من ابسط أنواع المبدلات الحرارية وهوا كما مبين في الشكل الاتى يتكون من الأجزاء الرئيسية للمبدل ولكن في نهايته تكون الأنابيب مركبه في رأس ثابت مما يعوق عمليه التمدد للأنابيب إذا تعرضت لدرجات حرارة مرتفعه ولذلك لا يستخدم هذا النوع من المبدلات الحرارية إلا تحت ظروف تشغيل محدده(فرق درجات الحرارة لا يتجاوز ألـ 65C) لذا فهو قليل الانتشار ...



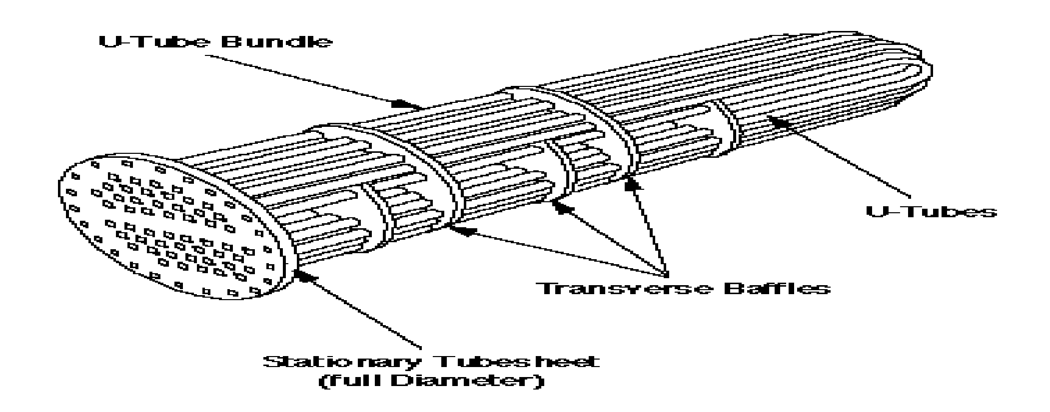
ثانيا : المبدل الحراري للرأس العائم " Floating head exchanger "

وهوا من أكثر الأنواع استخداما في مصافي تكرير البترول ويتكون من نفس الأجزاء الرئيسية التي تم التحدث عنها سابقا غير انه نهاية الأنابيب مركبه برأس عائم floating head وهذا يسمح للأنابيب بالتمدد والانكماش عند اختلاف درجات الحرارة وهوا ما يجعله شائع الاستعمال ويستخدم في جميع ظروف التشغيل مهما اختلفت هذه الظروف



ثالثا... المبدل الحراري ذو ثالثاً : المواسير على شكل حرف "U" :

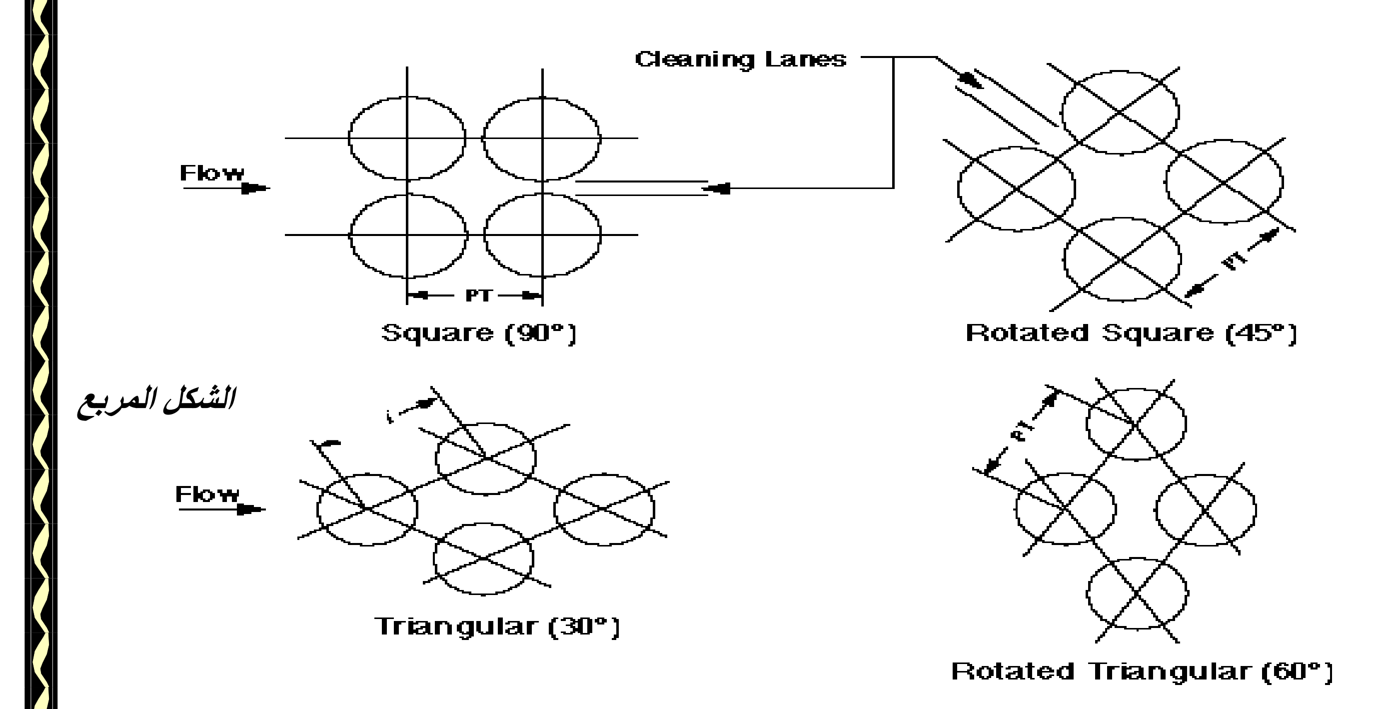
وفى هذا النوع تكون حزمه المواسير على شكل حرف Uتثبت طرفي كل أنبوبه فى الرأس الثابت للمبدل يمكنها التمدد والانكماش داخل الغلاف "SHELL" وعندما يراد تنظيف هذا المبدل لابد من سحب حزمه الأنابيب للخارج وهذا النوع شائع الاستخدام فى مبدلات أعاده الغلي "REBOILERS " التى تعمل بالبخار حيث تكثف البخار بداخلها .



الطرق المختلفة لتثبيت أنابيب المبدلات فى رؤوس التثبيت:

يوجد ثلاث طرق رئيسيه لتثبيت المواسير برؤوس التثبيت :

1. الشكل المثلث" triangular pattern"
2. الشكل المربع " square pattern".
3. الشكل المربع المائل "المعين" diagonal square pattern"



أولا .. الشكل المثلث" triangular pattern"

وفيه يتم تثبيت المواسير في رأس التثبيت على شكل مثلث كما هوا موضح بالشكل السابق ومن مميزات هذا النوع امكانيه تركيب اكبر عدد من المواسير في رأس التثبيت مما يؤدى إلى سعه اكبر من المبدل على نفس مساحه رأس التثبيت ولكن من عيوبه أن فراغ بين الأنابيب وبعضها البعض يكون صغيرا جدا بحيث يصعب تنظيفها من الخارج بالطرق الميكانيكية المعروفة.

ثانيا... الشكل المربع " square pattern".:

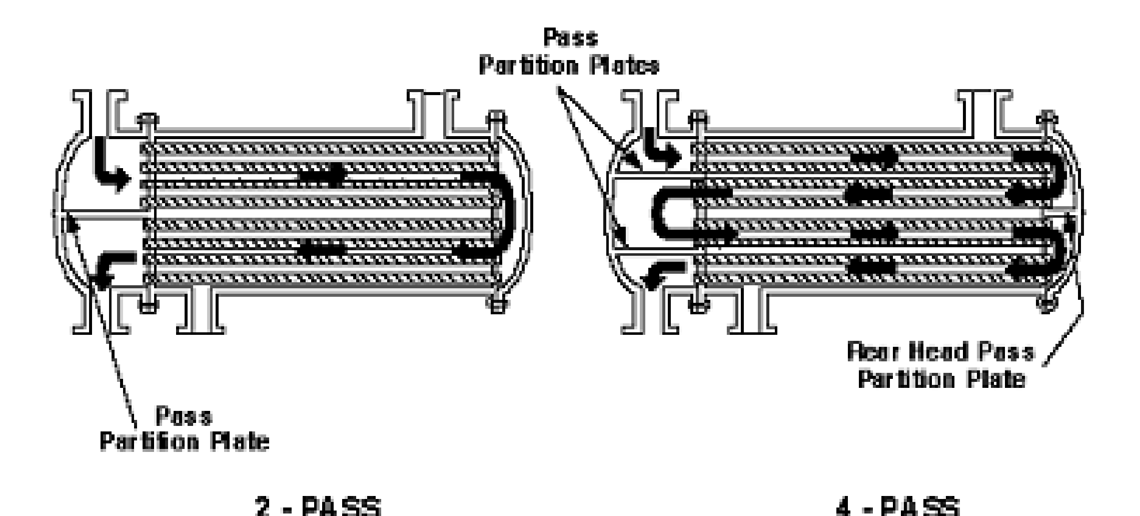
وفيه يتم تثبيت المواسير على رأس التثبيت على شكل مربع كما هوا موضح بالشكل السابق ومن مميزات هذا النوع أن المسافات بين المواسير تكون كبيرة نسبيا مما يسهل تنظيف أنابيب المبدل بالطرق الميكانيكية المعروفة ولاكن من عيوبه انه يشغل حيز اكبر في رأس التثبيت مما يقلل من عدد أنابيب لنفس حجم المبدل.

ثالثا..الشكل المربع المائل " المعين" " diagonal square pattern":

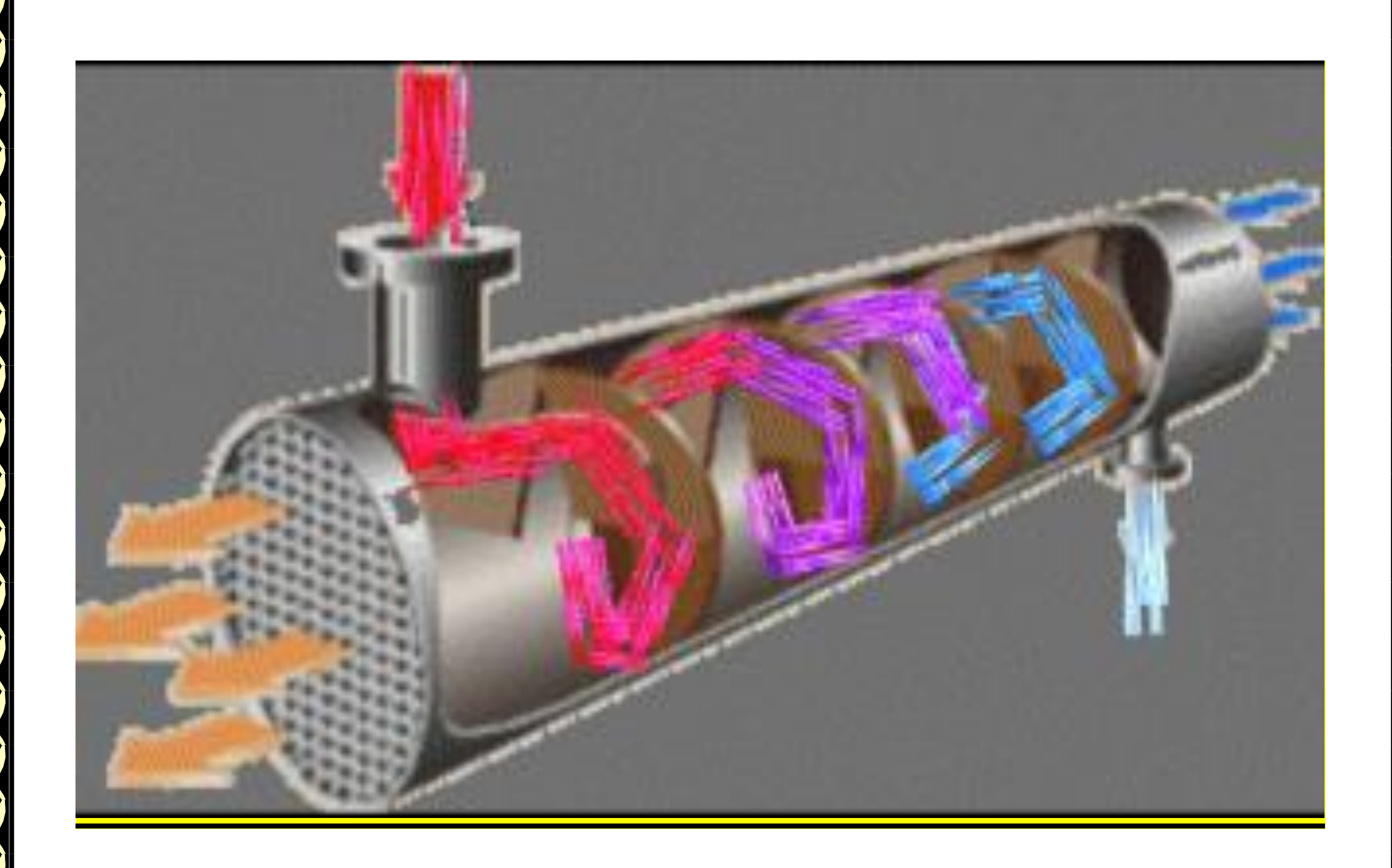
وفى هذا النوع يتم تثبيت المواسير في رأس التثبيت على شكل مربع ولكنه مائل بزاوية 45 درجه كما هوا موضح في الشكل السابق ومن مميزات هذا النوع أن المسافة بين المواسير تكون كبيرة جدا مما يجعل تنظيف الأنابيب من الخارج سهلا جدا ويعطى سعه اكبر لغلاف المبدل " shell " مما يجعله شائع الاستخدام في تسخين المواد ذات اللزوجة العالية مثل خام البترول وغيره من السوائل الثقيلة ولاكن من عيوبه قله عدد المواسير المثبتة برأس التثبيت.

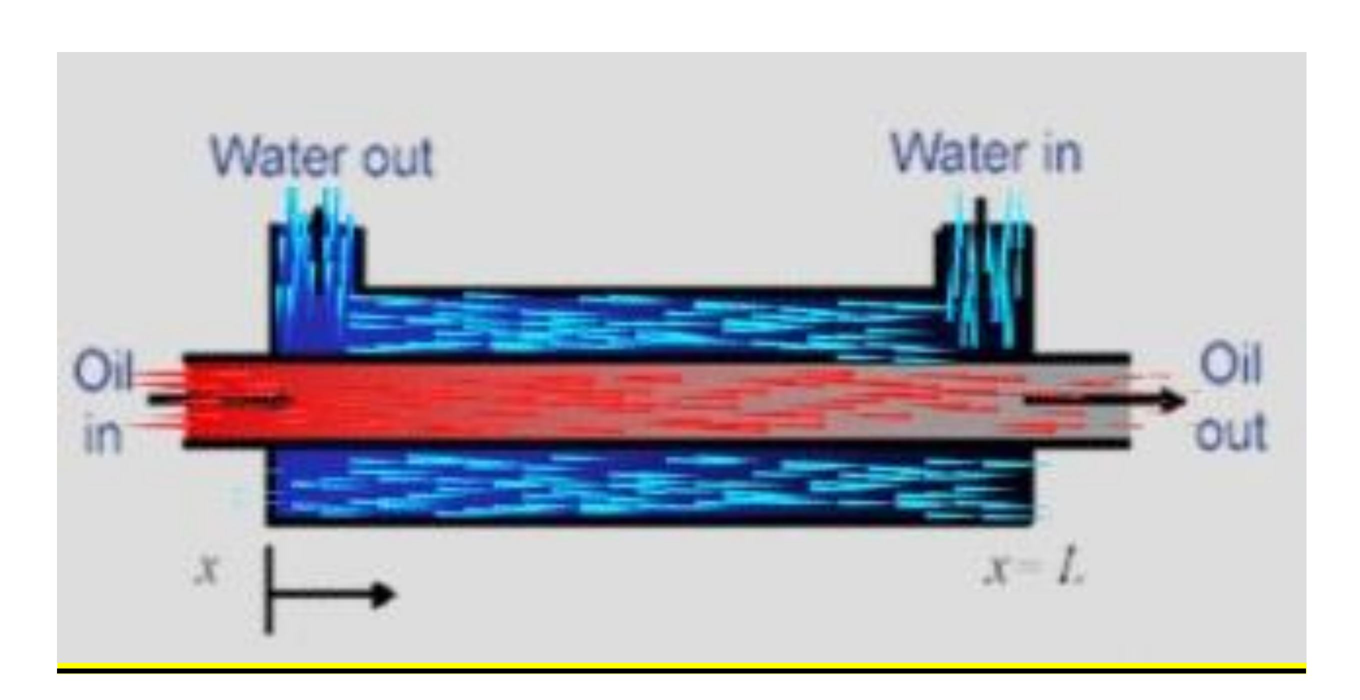
الطرق المختلفة لشكل السريان داخل ألانابيب المبدلات:

يكون السريان داخل الانابيب اما فى اتجاه واحد One pass أو فى اتجاهين tow passes أو اربع اتجاهات Four passes كما هو موضح بالشكل الاتى



Two-Pass and Four-Pass Tubeside Flows




Water out
Water in
Oil in
Oil out
x
x = L

ثانياً:مبدلات إعادة الغلى Reboilers

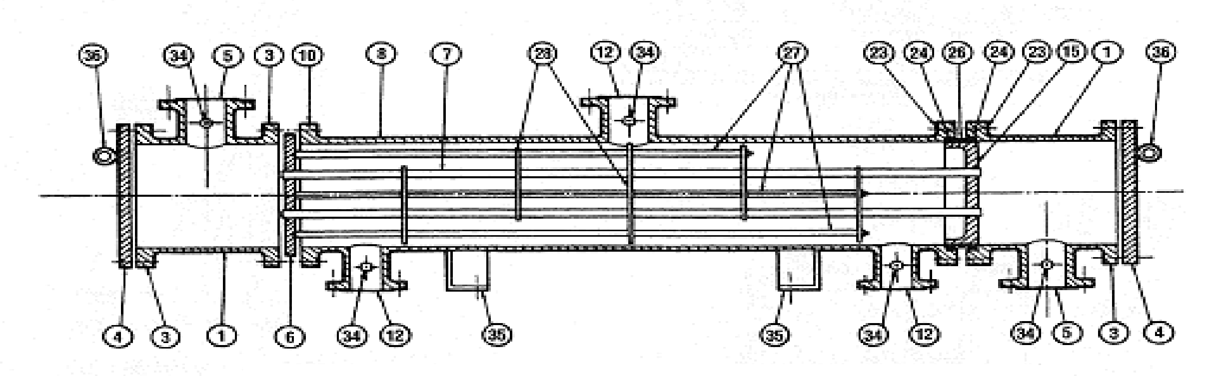
تستخدم مبدلات اعادة الغلى فى تسخين قاع الابراج وخاصة ابراج فصل الغازات مثل برج فصل البيوتان Debutanizer tower وابرج وحدات المعالجة مثل ابراج الامتصاص Absorber وغيرها من ابراج وحدات المعالجة الاخرى. ويوجد من مبدلات اعادة الغلى نوعان اساسيان هما:

- مبدل اعادة الغلى ثيرموثيفون Thermosyphon reboiler
- مبدل اعادة الغلى كِيتل Kettle

ويستخدم البخار Steam فى تسخين اوعية الغلى وكذلك يستخدم رواجع الابراج و بعض المنتجات فى عملية التسخين .

1) مبدل اعادة الغلى ثيرموثيفون Thermosyphon reboiler

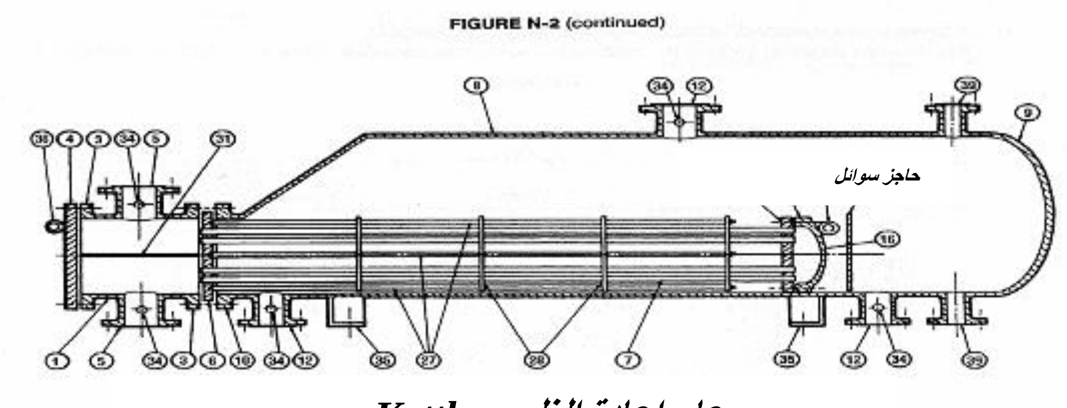
وهو يشبه فى اجزائه المبدل الحرارى ولكن يختلف عنه فى انه لا يستخدم الا فى التسخين فقط ولا يتم فيه اية عمليات فصل بل هو يستخدم فى اعادة الغلى فقط بينما يتم الفصل فى ابراج الفصل ويمكن تركيبه رأسياً وافقياً حسب المساحه المتاحه وطبيعة ا لعمل .



وعاء اعادة الغلى Thermosyphon

2) مبدل اعادة الغلى كِيتل Kettle

يستخدم هذا النوع من مبدلات اعادة الغلى فى تسخين وفصل قاع ابرج الفصل للمركبات البتروليه الخفيفه جداً مثل فصل البروبان والبيوتان من خليط (البنزين ,البروبان , البيوتان) حيث يتم دخول الخليط من اسفل وعاء الغلى ويتم الفصل فى داخله حيث يتوفر فراغ كافى لعملية الفصل - على عكس النوع الاول - ومن ثَم تخرج المواد الخفيفه(ألبروبان والبيوتان)من اعلى الوعاء الى برج الفصل لضبط المواصفات الانتاجيه او لفصلهما عن بعضهما بينما تخرج المواد الاثقل(البنزين) من اسفل وعاء الفصل الذى يكون مذود بحواجز داخليه لحجز المواد الثقيله نسبياً.



وعاء اعادة الغلى Kettle

ويلاحظ ان ارتفاع حاجز السوائل اعلى من مستوى الانابيب مما يؤدى اى غمر حزمة الانابيب فى السائل فؤدى ذلك الى رفع كفاءة الغلايه.

ثالثاً:المتكثفات Condensers

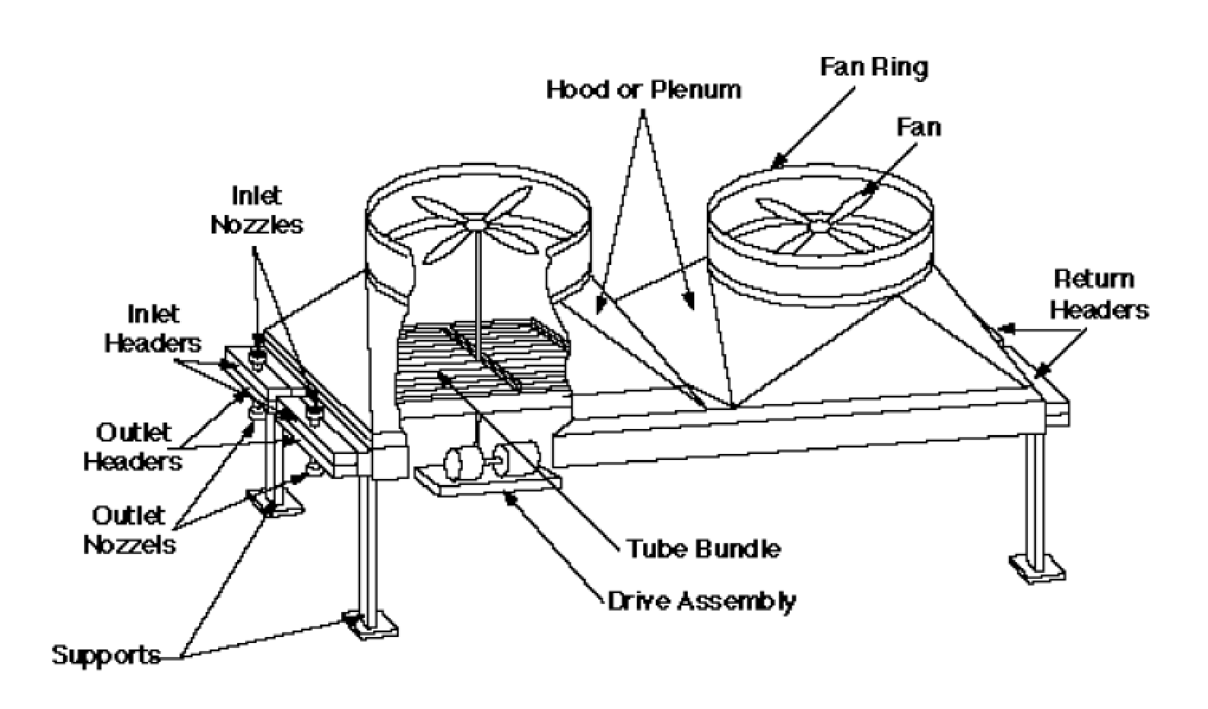
تستخدم المكثفات عموماً فى تحويل المنتجات البتروليه من الحاله البخاريه الى الحالـه السائله حيث ان معظم المنتجات البترولية التـى تخـرج من اعلـى الابراج تكون فـى حالـة ابخرة "Vapor" او غازات "Gases" يتم تحويلـها الـى الحالـة السائلة بواسطة المكثفات. وهذه المكثفات إما ان تكون مائية او هوائيه:

1) المكثفات المائيه Water condensers

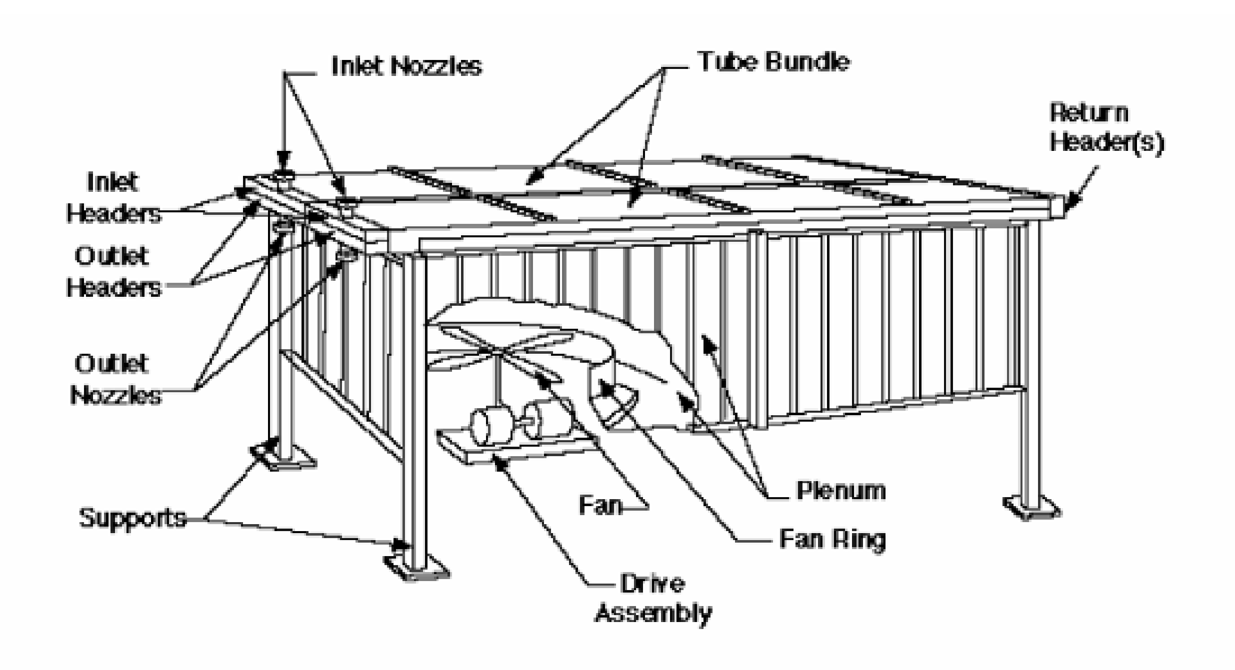
وهى تشبه الى حد كبير المبدلات الحراريه الا ان احدى مـادتى التبادل يكـون المـاء Cooling Water ولهذا النـوع من المياه مواصفات خاصه سيتم الحديث عنها لاحقاً. ويتميز هذا النـوع من المبدلات الحراريه بعدم حاجته للعزل الحرارى حتى يسهل عملية فقد جزء من الحراره الى الجو.

2) المكثفات الهوائيه Air condensers

يـتم جـزء كبيـر مـن التكثيـف والتبريـد فـى مصـافى البتـرول بواسـطة المكثفـات البتروليـه Air condensers والمبردات الهوائيه Air coolers وهمـا لا يختلفـان كثيراً وتتركـب من مروحـة تـدفع الهـواء خـلال مجموعـة انابيب ذات زعانف لزيـادة مسـاحة سطح التـلامس للحصـول علـى اعلـى معدل انتقـال للحـراره وهى تُزيد حولى 30% من كفـاءة التبريد ومروحـة دفـع الهـواء إمـا أن تركـب اعلـى اللانـابيب ويسمى هذا النـوع بالسـحب المستحث Induced draft fan أو أن تركـب اسفل الانـابيب وتسمى سحب مدفوع او جبرى Forced draft fan ويوضح الشكل اللاتى النوعين



Horizontal Tube, Induced-Draft, Air-Cooled Heat Exchanger



Typical Forced-Draft Air-Cooled Heat Exchanger

Induced Draft

Forced Draft

رابعاً:ابراج التبريد Cooling towers

تستخدم ابراج التبريد فى تبريد المياه ذ ات الحرارة المرتفعه المستخدمة فى تبريد المعدات المتحركه والمبردات المائية بغرض اعادة استخدامها مرة اخرى وتعتبر ابراج التبريد من معدات التبريد المباشر حيث يستخدم الهواء لعملية التبريد بالتلامس المباشر بين الماء والهواء حيث يدخل الهواء من اسفل البرج متجهاً الى الاعلى بينما تسقط المياة من اعلى الى اسفل ولدفع الهواء المستخدم هناك نظامين :

1) السحب الجبرى Forced Draft

وفيه تركب مراوح التبريد اسفل برج التبريد على مستوى الارض ومن مميزاته سهولة صيانة المراوح ولكن من عيوبه ان جزء من الهواء المدفع لاعلى المحمل برذاذ المياة يسقط مره اخرى بفعل الجاذبيه مما يقلل من كفاءة التبريد.

2) السحب المستحث Induced draft

وفيه تركب المراوح فى اعلى برج التبريد حيث يسحب الهواء من خلال البرج الى اعلى ومن مميزاته ارتفاع كفاءة التبريد ولكن من عيوبه صعوبة صيانته .

وتحتوى ابراج التبريد عادة على عوائق فى مسار المياه لتقوم بتفتيتها وزيادة التلامس بينها وبين الهواء مما يزيد فى كفاءة التبريد. ويعتمد معدل التبريد فى هذه الابراج على:

- كمية المياه الداخله الى برج التبريد
- درجة حرارة المياه الداخله للبرج
- درجة حرارة الجو
- نسبة الرطوبه فى الجو
- كمية هواء التبريد
- حجم البرج

كما يجب مراعاة ان اقصى درجة حراره مسموح بها للمياه الداخله للبرج لا تزيد عن 50C حتى لا تترسب قشور حول مواسير توزيع المياه مما يقلل من كفاءة التبريد.

Fired heater ألافران

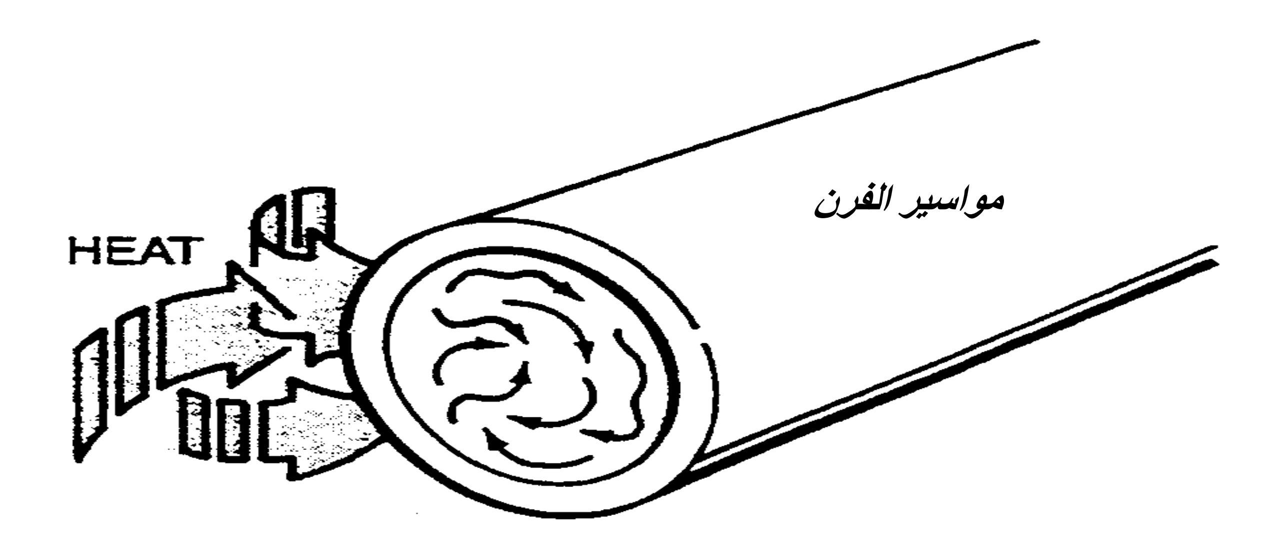


مقدمه:-

تعتبر الافران من اهم المعدات التى تستخدم فى مصافى تكرير البترول حيث انها مصدر الحراره الازمة لرفع درجة حرارة المواد البترولية الى درجة الحراره الازمة للتشغيل فى جميع الوحدات المختلفة للتم عمليات الفصل لجميع المنتجات البترولية كلٌ على حسب درجة حرارة غليانه وكذلك هى مصدر الحراره الازمة لرفع درجة حرارة المواد البترولية الى درحة الحراره الازمة لإحداث التفعلات الكميائيه داخل المفاعلات المستخدمة فى مصافى تكرير البترول.

ورغم الاهميه الشديدة للافران الا أنها من اكثر الاجهزه خطورةً و تعقيداً داخل وحدات التشفيل ومن ثَمَ فهى تحظى باهتمام خاص من شركات تصميم المعدات البتروليه وخاصة الشركات المختصة فى صناعة المعادن واجهزة التحكم ودوائر الحماية وغيرها من الاجهزة المستخدمة فى تصنيع الافران.

وتعتبر الافران من معدات التبديل الحرارى الغير مباشر حيث يكثر فيها الانتقال الحرارى بطريقة الاشعاع Radiation فى منطقة المواقد Burners أو ما يسم بـ Radiation section وبطريقة الحمل Convection فى اعلى مكان من الفرن Convection section وكذلك عن طريق التوصيل Conduction داخل مواسير الفرن.



إنتقال الحراره بالتوصيل عبر مواسير الفرن

أنواع الافران:- Type of furnace

تصنف الافران من حيث الشكل الى ثلاثة انواع رئيسيه هى :

- ❖ الافران الصندوقيه Box furnace
- ❖ الافران الاسطوانيه Cylindrical furnace
- ❖ الافران الهرمية A-Frame furnace

اولا: الافران الصندوقيه Box furnace

وتسمى بهذا الاسم نسبة الى شكلها الصندوقى وهو من اكثر الانواع استخداماً فى مصافى تكرير البترول وذلك لسهولة التحكم فى حجمه مما يمكنه من تسخين كميات كبيرة من السوائل الهيدروكربونية فى وحدات التشغيل لمختلفة.

ويمكن تقسيمه حسب شكله الى :

- ❖ فرن صندوقى ذو غرفة إحتراق واحدة
- ❖ فرن صندوقى ذو غرفتى إحتراق

ومن حيث وضع المواسير بداخله الى :

- ❖ فرن صندوقى ذو مواسير رأسية
- ❖ فرن صندوقى ذو مواسير أُفقيه

ومن حيث وضع المواقد Burners الى:

- ❖ فرن صندوقى ذو مواقد جانبيه Side burners
- ❖ فرن صندوقى ذو مواقد سفليه Bottom burners
- ❖ فرن صندوقى ذو مواقد علويه Top burners

1) الفرن الصندوقى ذو غرفة الاحتراق الواحدة.

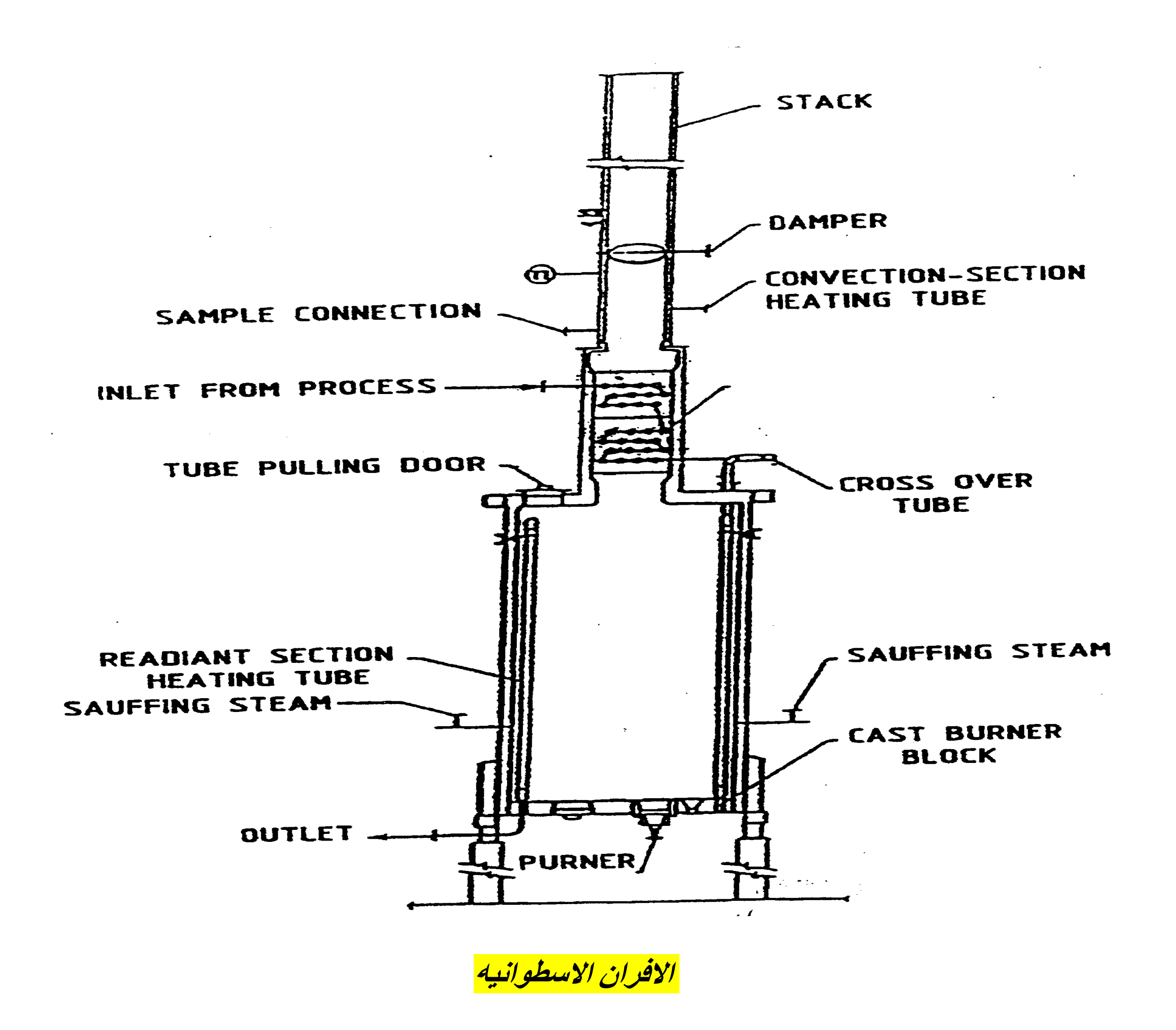
يتكون هذا الفرن من غرفة إحتراق واحدة ويختلف مكان منطقة الاشعاع Radiation والحمل Convection طبقاً لمكان المواقد Burners وغلباً ما يستخدم هذا النوع فى الاحمال المتوسطة

2) الفرن الصندوقى ذو غرفتى إحتراق.

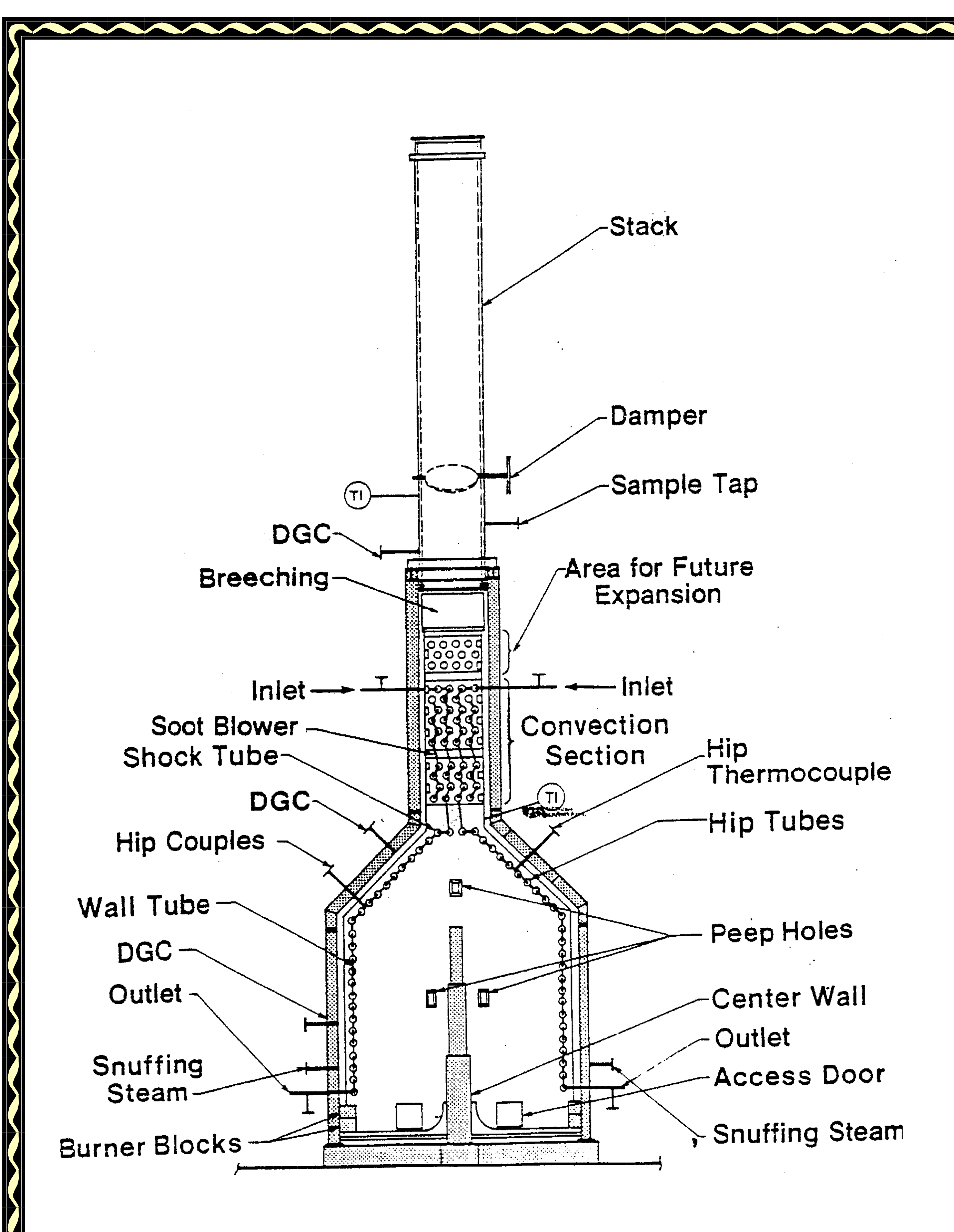
يتكون هذا الفرن من غرفتى إحتراق اى منطقتين للاشعاع Radiation ومنطقه واحدة للحمل Convection طبقاً لمكان المواقد Burners واحيانا تكون منطقتى الاشعاع منفصلتين تماماً عن بعضهما ولكنهما مشتركتين فى منطقة الحمل وغلباً ما يستخدم هذا النوع فى الاحمال العالية.

ثانياً: الافران الاسطوانيه Cylindrical furnace

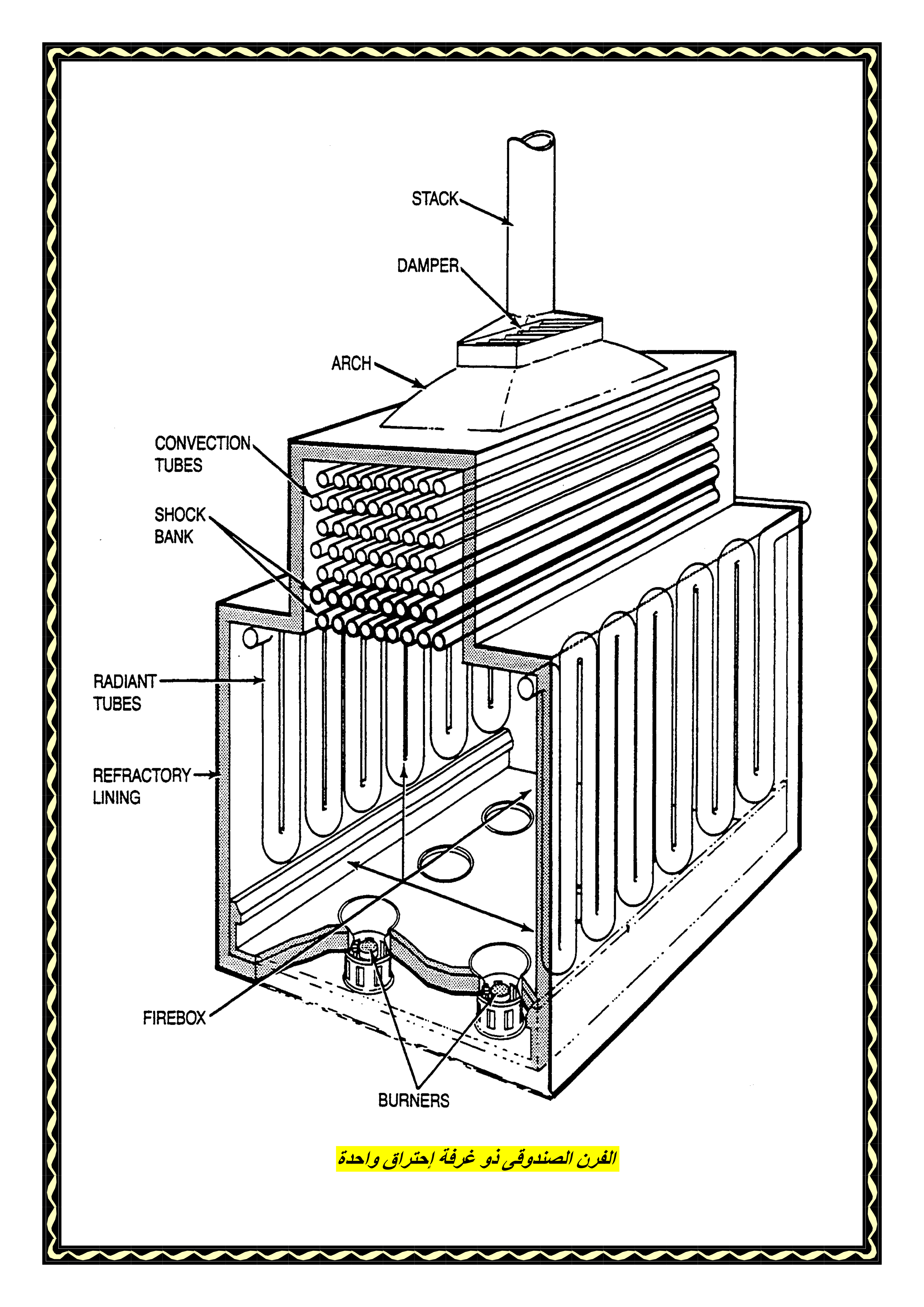
يتكون هذا النوع من وعاء إسطوانى مصنوع من الصلب ومبطن من الداخل ببطانه حرارية Thermal Insulation وعادة ما تكون المواقد باسفله بينما تكون المواسير معلقة رأسياً ويتكون من نفس أجزاء الفرن الصندوقى الا انه يشغل مساحة اقل وغلباً ما يستخدم هذا النوع فى الاحمال الصغيرة.



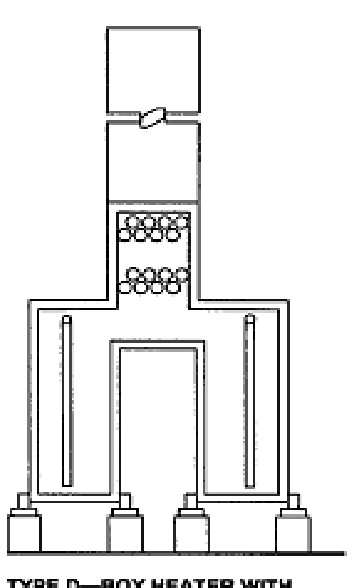
الافران الاسطوانيه



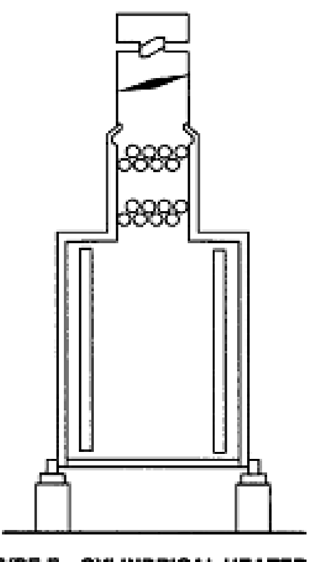
الفرن الصندوقى ذو غرفتى إحتراق



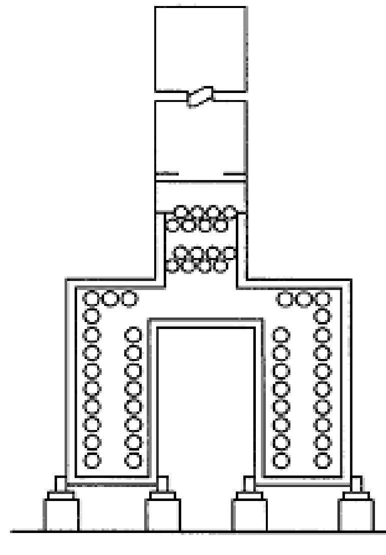
الفرن الصندوقى ذو غرفة إحتراق واحدة



TYPE D—BOX HEATER WITH
VERTICAL TUBE COIL

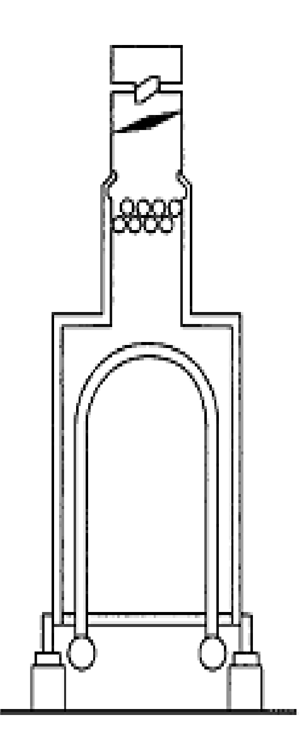


TYPE E—CYLINDRICAL HEATER
WITH VERTICAL COIL

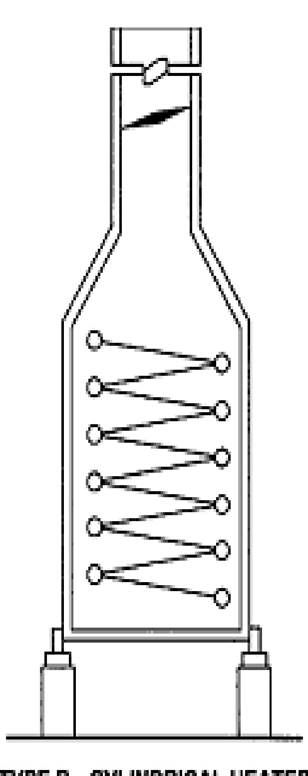


TYPE F—BOX HEATER WITH
HORIZONTAL TUBE COIL

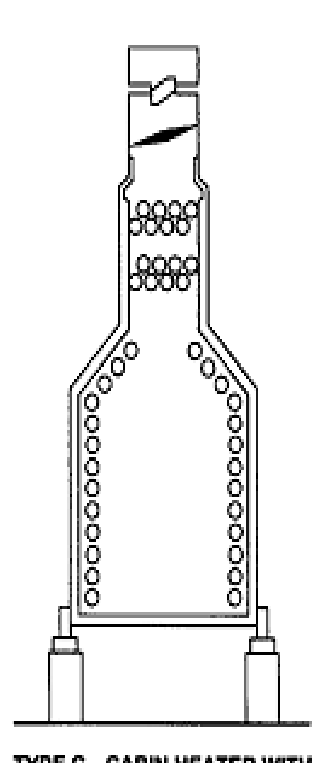
Typical Heater Types



TYPE A—BOX HEATER WITH
ARBOR COIL



TYPE B—CYLINDRICAL HEATER
WITH HELICAL COIL



TYPE C—CABIN HEATER WITH
HORIZONTAL TUBE COIL

الاجزاء الرئيسيه للافران

هناك اجزاء رئيسية تتكون منها جميع الافران مهما اختلفت انواعها واشكالها ومن هذه الاجزاء:

- الجسم الخارجى للفرن The heater body
- البطانة الحراريه Thermal Insulation
- منطقة الحمل Convection section
- منطقة الاشعاع Radiation section
- مواسير التغذية Feed tube
- حوامل المواسير Tube supports
- مواسير البخار Steam tube
- المدخنة Stack
- وصلات بخار التنظيف Snuffing steam
- فتحات ملاحظة اللهب Peepholes
- المواقد Burners
- مسخن الهواء Air preheater

1) الجسم الخارجى للفرن The heater body

وهو الذى يكون الشكل الخارجى للفرن ويصنع من الواح الصلب ويركب به كل اجزاء الفرن ويثت على قواعد خرسانيه ويصمم بعنايه فائقه ليكون مقاوم للاهتزازات والحرارات العاليه

2) البطانة الحراريه Thermal Insulation

تتوافر حالياً مواد عزل متطورة ذات ناقلية حرارية منخفضة تستخدم لعزل أنابيب المياه الساخنة و أنابيب البخار وجدران الأفران والمراجل مما يقلل من التسريب الحرارية وتوفير الطاقة. ويمكن

لإجراءات العزل توفير من 5-20 في المائة من الطاقة الحرارية المستهلكة و تبطن جميع الافران بطبقة من الطوب الحرارى وبطبقه من الفيبر الزجاجى وذلك للاهداف الاتيه:

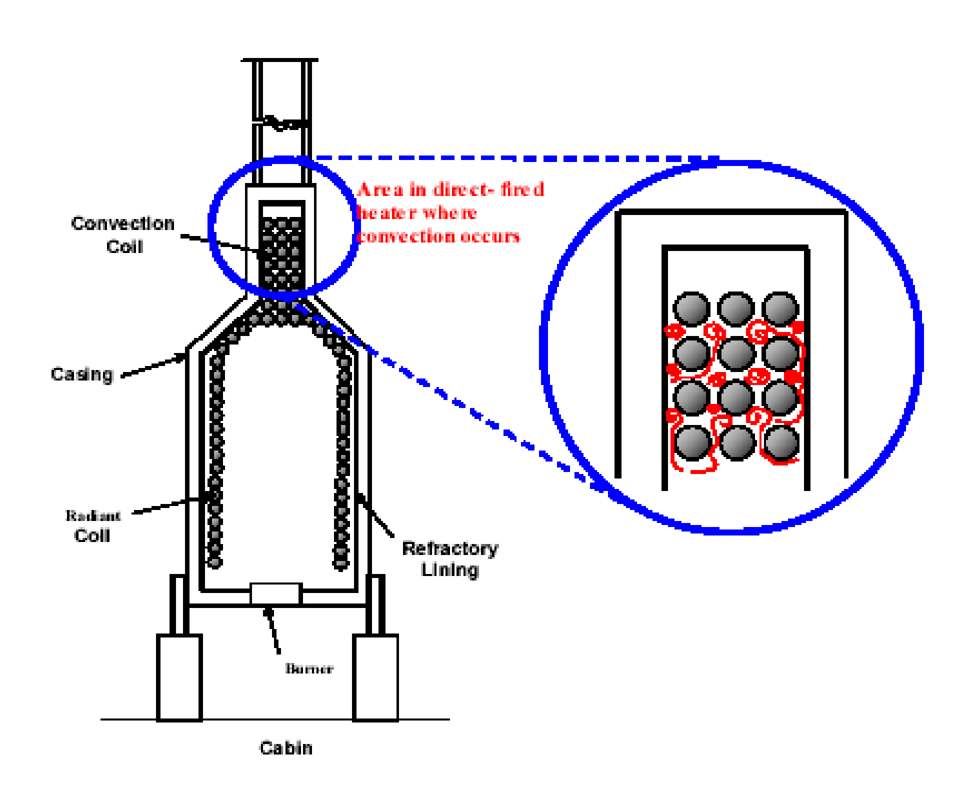
a) ***المحافظه على حرارة الفرن بالداخل***

b) ***امتصاص الحرارة عبر مادة الفيبر الزجاجى ثم اشعاعها مرة اخرى داخل الفرن مما يؤدي الى زيادة كفاءة الفرن وعدم التبريد المفاجئ للمواسير عند التطفئة الاضطرارية.***

c) ***عدم تسريب جزء من الحرارة داخل الفرن السطح الخارجى حفاظاً على سلامة العاملين .***

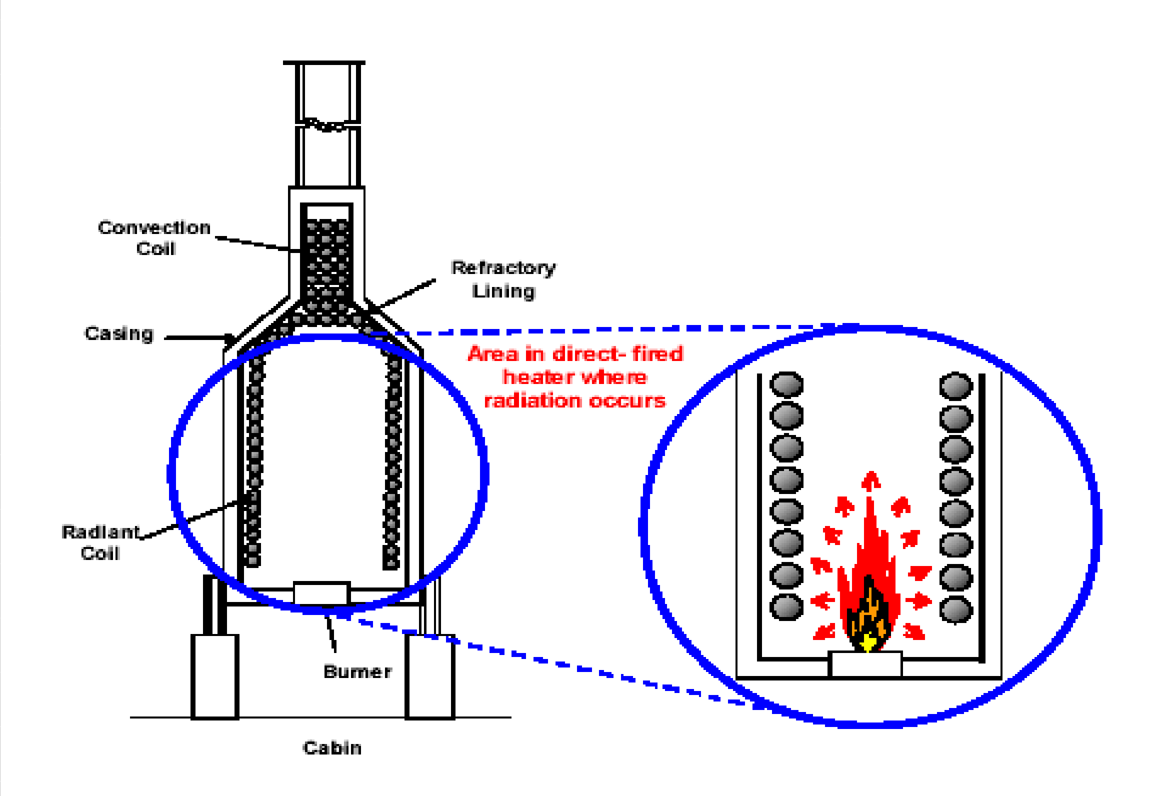
3) منطقة الحمل Convection section

وهى المنطقة التى يتم فيها انتقال الحراره بالحمل داخل الافران وغالبا ما تكون اعلى الفرن وفيها يتم الاستفاده من حرارة نواتج الاحتراق قبل خروجها من الفرن عبر المدخنه فى تسخين التغذيه قبل دخولها منطقة الاشعاع وغالبا ما تستخدم هذه المنطقة فى توليد البخار مما يوفر عائد اقتصادى جيد من الافران .وللحصول على اكبر قدر من حرارة نواتج الاحتراق يتم تصميم الانابيب فى هذه المنطقه بأساليب خاصة حيث يتم تزويدها بزعانف Fins من مادة النحاس لتَّزيد من معدل انتقال الحراره.



Radiation section منطقة الاشعاع (4

تعتبر هذه المنطقه اهم مناطق الفرن حيث يتم فيها تزويد التغذية بحوالى (60% - 70%) من كمية الحرارة الكلية المطلوبة وتوجد هذة المنطقه بالفرن فى الجزء المواجه للمواقد مباشرة سواءً أكانت المواقد مثبتة فى اسفل الفرن أو بجوانبة أو بأعلاه ولهذا فإن التسخين يتم فى هذه المنطقة بواسطة الإشعاع المنبعث من المواقد مباشرة نتيجة إشتعال الوقود ولأهمية هذه المنطقة وخطورتها يتم تزويدها بأحدث اجهزة قياس الحراره حتى يتم التحكم فى معدلات الحريق داخل الفرن



Feed tube مواسير التغذية (5

وهى المواسير التى تسخدم فى تسخين التغذية داخل الفرن وهى توزع داخل الفرن وتسمى حسب المنطقة التى تتواجد فيها:

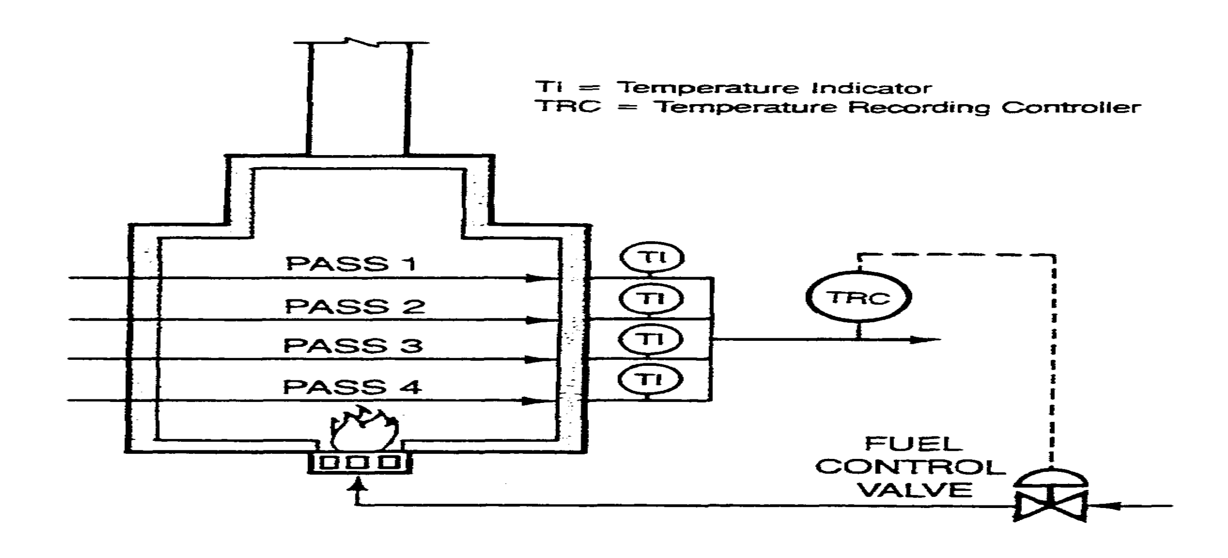
Convection tube مواسير الحمل (a

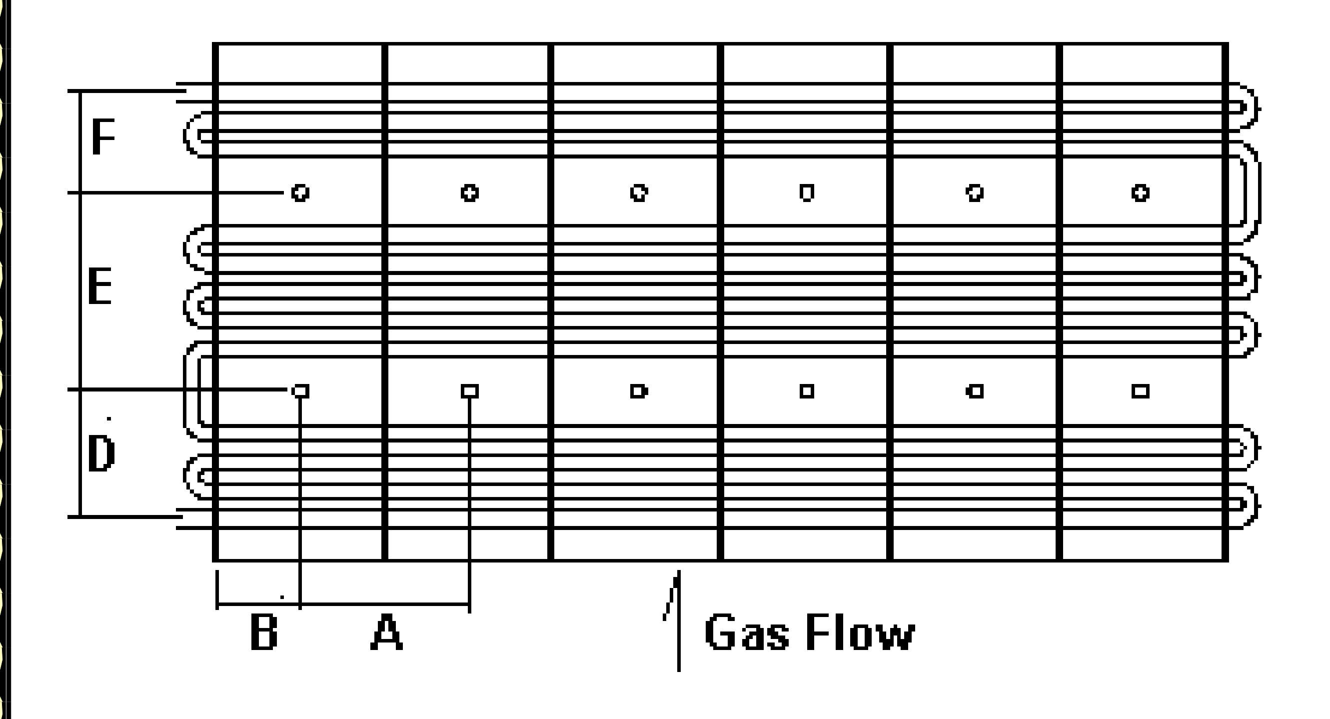
وهى المواسير التى تدخل التغذية للفرن من خلالها وتزود هذه المواسير بزعانف Fins لزيادة معدل انتقال الحرارة ومن ثُم تزيد من كفاءة الفرن .

Radiation tube مواسير الاشعاع (b

وهى اهم مواسير الفرن ولكونها توجد فى منقطة الاشعاع اى بجوار المواقد لذا فهى تتعرض لدرجات حرارة عالية جداً ولهذا فهى تصنع من مواد خاصة من سبائك الصلب وتُزود باجهزة قياس دقيقة لقياس دراجات حرارة سطحها حتى نتجنب التسخين الزائد لهذه المنطقة.وعند تركيب هذة المواسير لابد من ترك مسافات مناسبة للتمدد كما لابد من استخدام وصلات خاصة لإزالة الفحم.

ويتم وضعها فى الفرن على هيئة صفوف ومسارات متوازية Passes يحدد عددها على اساس طاقة الفرن وقد يصل عددها الى عشرة مسارات واكثر فى الافران الكبيرة





6) حوامل المواسير Tube supports

تتركز المواسير داخل الفرن على حوامل Hangers ويتم تصميم هذه الحوامل بعناية فائقة بحيث لا تتعرض المواسير للإنحناء اذا قل عددها كما لابد ان تكون حرة الحركة من احد الطرفين ليسهل تمددها عند اختلاف درجات الحرارة

7) مواسير البخار Steam tube

وفيها يتم إستخدام حرارة نواتج الاحتراق فى انتاج البخار فى منطقة الحمل قبل خروجها الى المدخنه مما يرفع كفاءة الفرن ويوفر المعدات المستخدمة فى إنتاج البخار

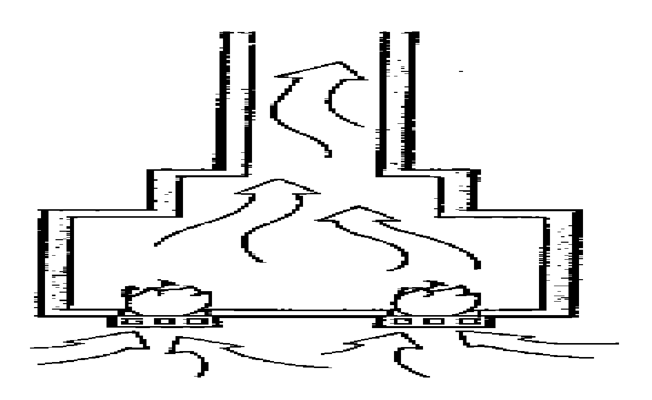
8) المدخنة Stack

المدخنة من الاجزاء الرئيسية للفرن حيث يخرج منها نواتج الاحتراق الى الجو وتصنع المدخنة عادة من الواح الصلب ومبطنة من الداخل ببطانة حرارية ويعتمد سحب نواتج الاحتراق من الفرن على ارتفاع المدخنة فكلما كان ارتفاع المدخنة اكبر كلما كان سحب نواتج الاحتراق اسرع .وتزود جميع المداخن بفتحة لاخذ عينة من نواتج الاحتراق او باجهزه لتحليلها ومعرفة نسبة الاكسجين O_2 فيها ومن ثم يمكن ضبط نسبة هواء الاحتراق وعلية ضبط ظروف التشغيل . ويراعى عند انشاء المداخن ان تكون مرتفعة لعدم تلوث البيئة وكذلك يراعى اتجاه الرياح و سرعتها عند التصميم .

انواع السحب فى الافران

أولا : السحب الطبيعى Natural draft

وفية يعتمد السحب داخل الفرن على إرتفاع المدخنة Stack height فكلما كان ارتفاع المدخنة اكبر كان السحب اكبر والعكس ويعتبر هذا النوع من اقدم الانواع واقلها إنتشاراً

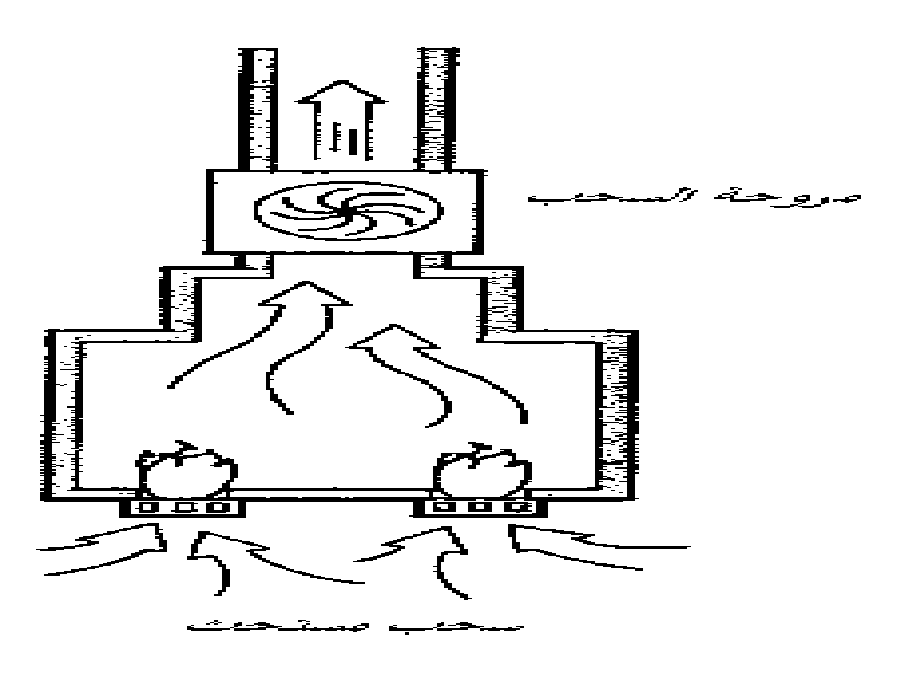


ثانيًا : السحب الميكانيكى Mechanical Draft

ويوجد منه ثلاثة انواع :

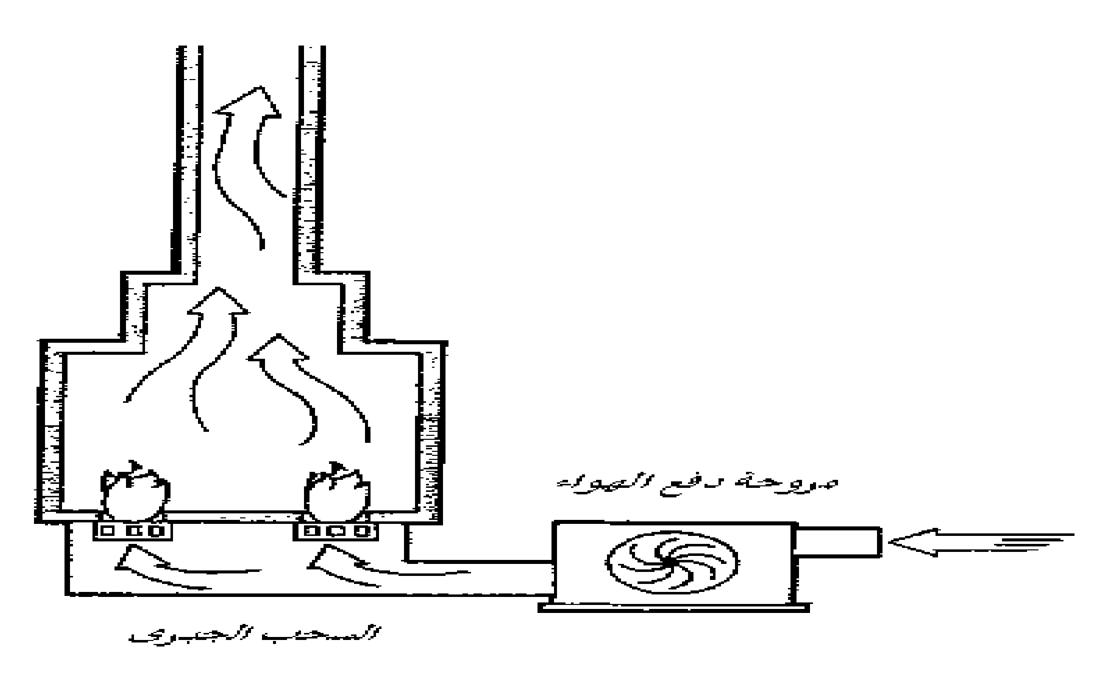
1. السحب المستحث Induced draft

وفية يتم استخدام مروحة سحب بعد الفرن لسحب نواتج الاحتراق من داخل الفرن لإحداث تفريغ للهواء بداخله مما يساعد على دخول الهواء اللازم لاتمام عملية الاحتراق



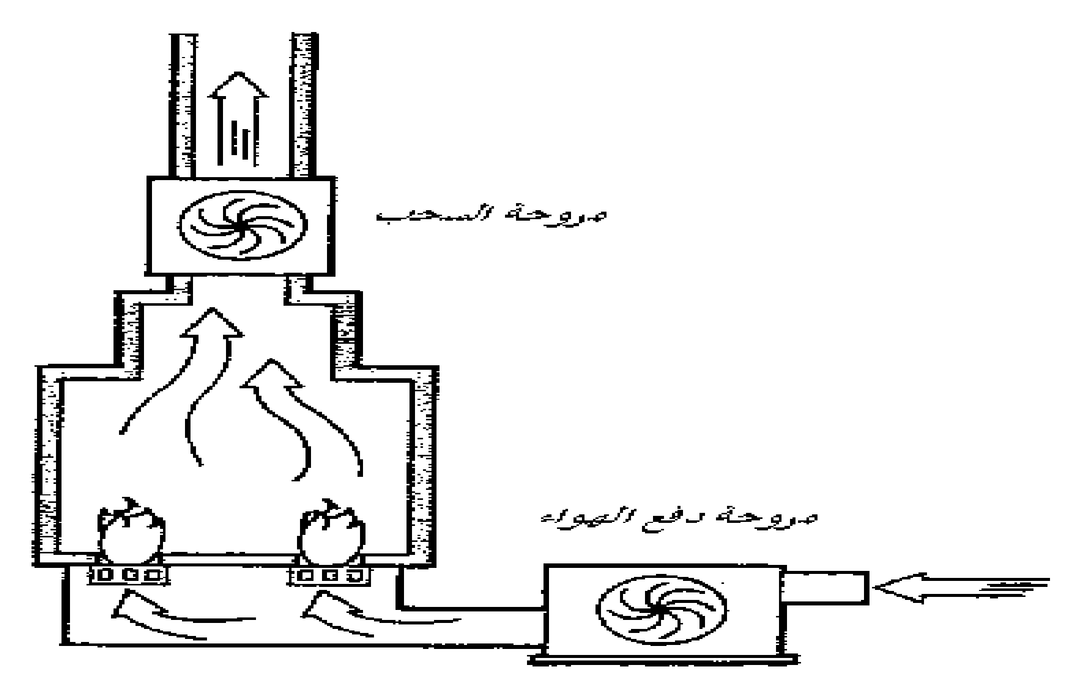
2. السحب الجبرى Forced draft

وفية يتم استخدام مروحة هواء Forced fan قبل الفرن لدفع الهواء اللازم للاحتراق الى داخل الفرن



3. السحب المتوازن Balanced draft

يعتبر افضل الانواع الثلاثة وأكثرها إنتشاراً فى مصافى تكرير البترول وفيها يتم استخدام مروحة دفع للهواء Forced fan قبل الفرن تعمل على دفع الهواء اللازم للاحتراق لداخل الفرن ومروحة سحب لنواتج الاحتراق Induced fan بعد الفرن



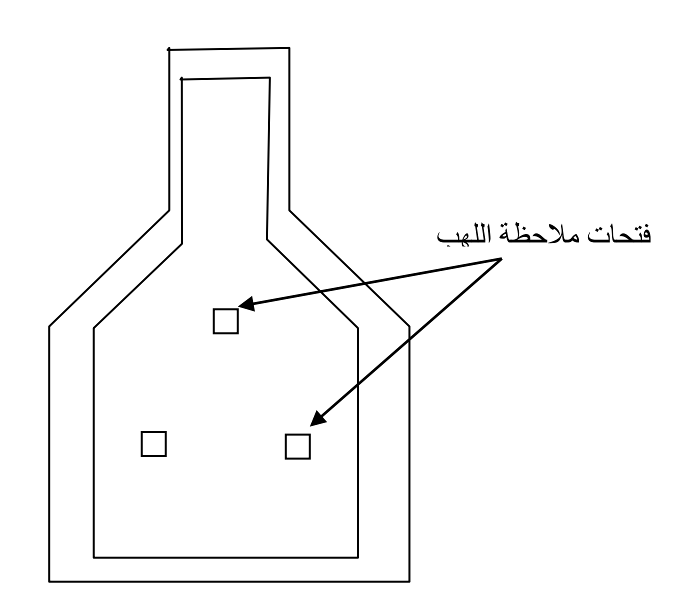
9) وصلات بخار التنظيف Snuffing steam

وهى وصلات خاصة تزود بها جوانب الفرن وتستخدم فى اغراض عديده منها كسح غرفة الاحتراق فى بداية التشغيل او تطفئة اى حرائق قد تحدث داخل الفرن لاى سبب ما.

10)فتحات ملاحظة اللهب Peepholes

وهى فتحات توجد على جانبى الفرن موزعة بانتظام وتستخدم فى وظائف عده:

- ضبط حريق المواقد
- مراقبة لون اللهب وطوله
- مراقبة اى تسريب من مواسير التغذية
- مراقبة اى تشقق بالبطانة الحرارية
- مراقبة اى حرائق داخل الفرن

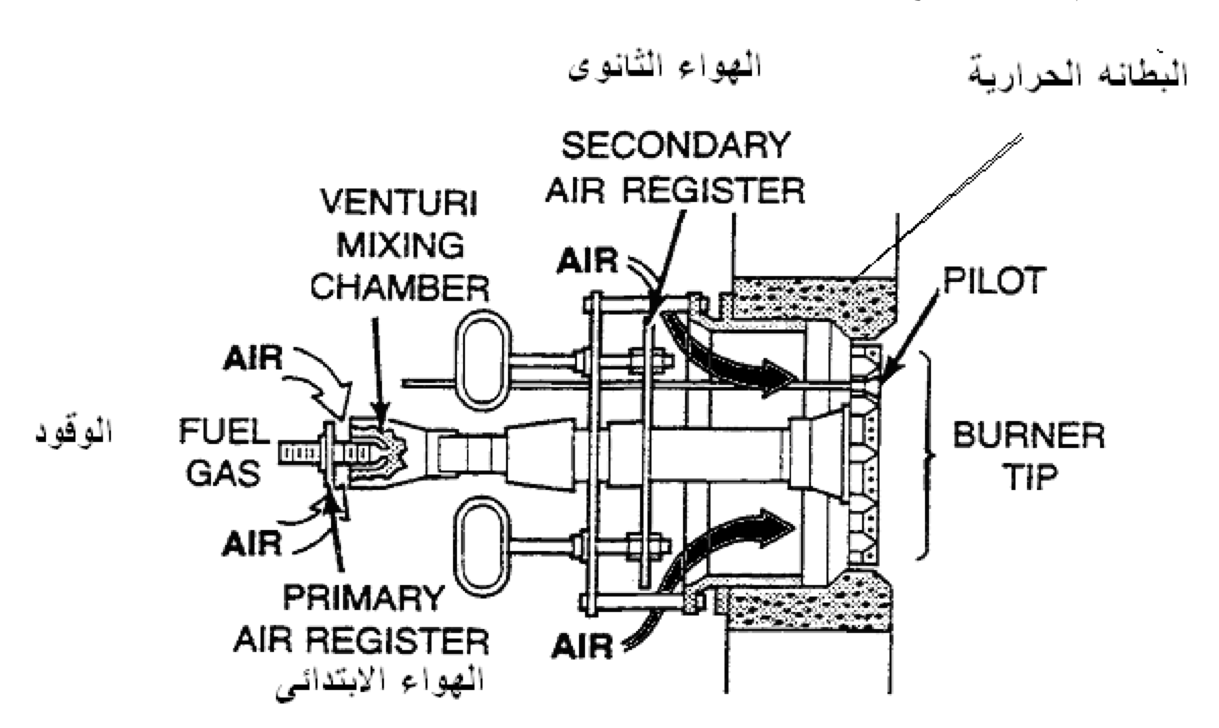


11)المواقد Burners

تعتبر المواقد من اهم اجزاء الفرن ويمكن تركيبها اسفل الفرن او على الجوانب وفى بعض الاحيان فى اعلاه وقد روعى فى تصميم المواقد ان تعمل بانواع متعدده من الوقود ولكن اهمها واكثرها انتشاراً هى:

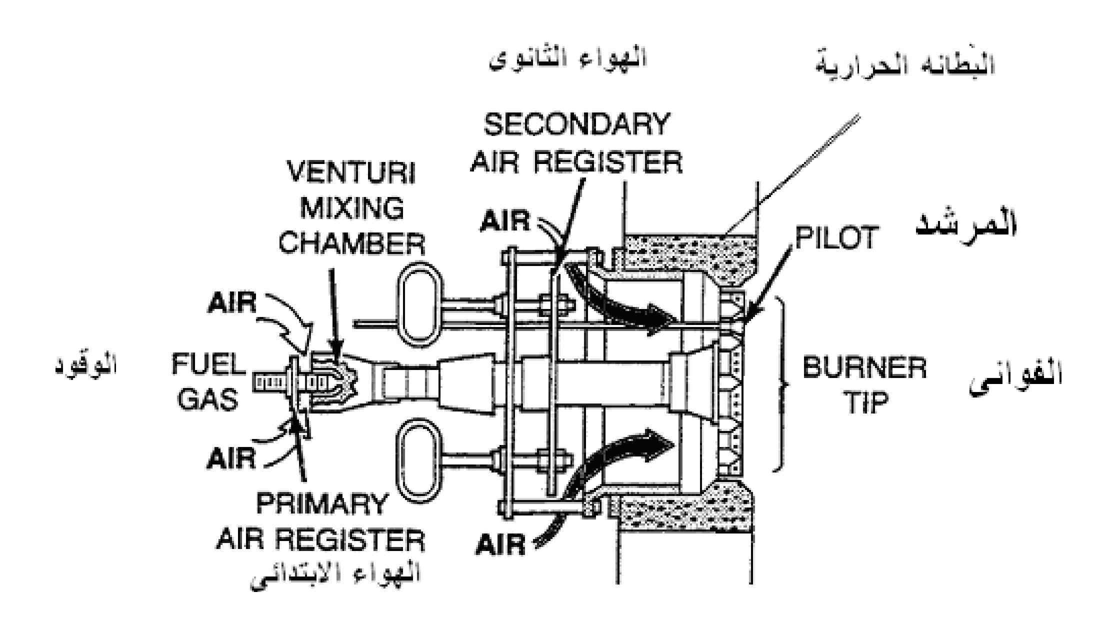
1) مواقد الغاز Gas burners
2) مواقد المازوت Fuel oil burners
3) مواقد الغاز والمازوت Dual fuel burners(Gas-Oil burner)

ويتم تصميم المواقد بعناية فائقه وذلك لانها مصدر الخطوره داخل الفرن لذلك يتم احاطتها بطبقة من البطانة الحرارية السميكة تتحمل الحراره العالية وتصمم البطانة الحرارية بحيث تحتوى على وصلات تمدد تحمها من الانهيار عند التعرض للحرارت العالية كما انها تستخدم لضبط شكل اللهب عن طريق ما يسمى بالهواء الثانوى Secondary Air فإذا كُسر جزء من هذه البطانة فإن إتجاه اللهب سوف يتغير من ثَمَ يتغير التوزيع الحرارى داخل الفرن .



1) مواقد الغاز Gas burners

وهو من اهم الانواع واكثرها انتشاراً ويكون من ماسوره معدنية من الصلب المعالج يركب فى اخرها فوانى Tips بها ثقوب صغيره مصممه بعناية لتحديد طاقة المواقد Burner duty تخرج منها الغازات لتحترق فى غرفة الاحتراق ولهذا فهى مصممه لتتحمل درجات حرارة عالية.



موقد الغاز **Gas burner**



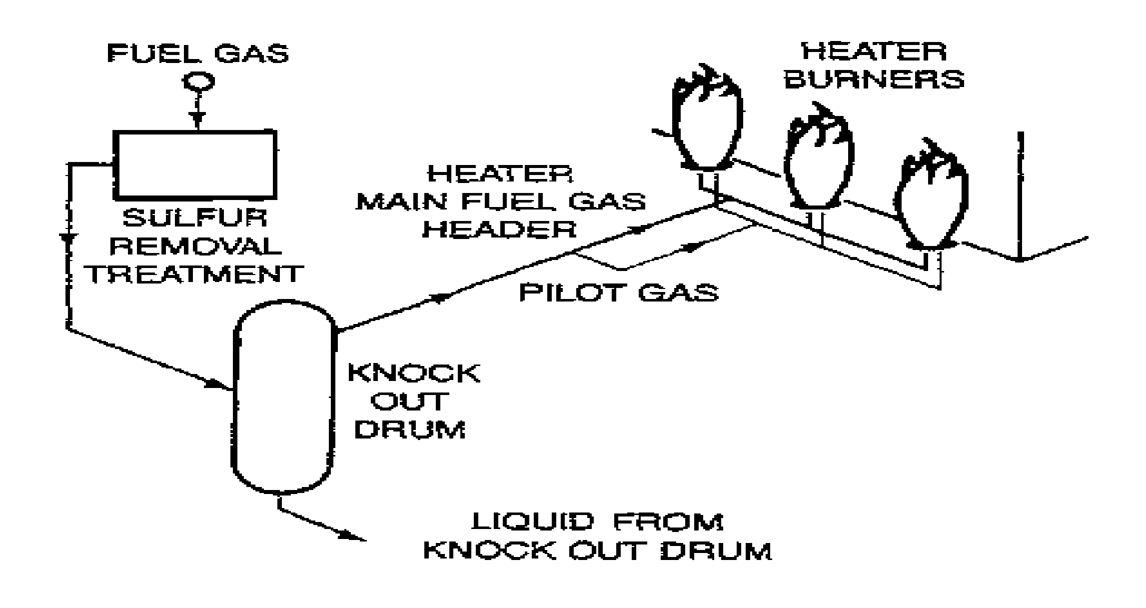
Lighting of gas burner *طريقة اشعال الفرن بموقد الغاز*

- ***تجهيز دائرة غازات الحريق Fuel gas system والتأكد من عدم وجود متكثفات داخل مجمع الغاز Knock out drum وان الضغط بداخلها مناسب لتشغيل***
- ***ضبط الموقد و التأكد من تركيبة فى المكان الصحيح بالفرن وان جميع الخطوط المتصلة به فى وضعها الطبيعى***
- ***غلق جميع صمامات الغاز المؤدية للموقد حتى لا يحدث تسريب للغازات داخل غرفة الاحتراق***

- كسح غرفة الاحتراق جيداً بالهواء او البخار heater purge لتأكد من عدم وجود اى مواد اشتعال داخل غرفة الحتراق قد تؤدى الى تكوين مخاليط انفجارية والتاكد من ذلك عن طريق اخذ عينة من الهواء الموجود فى غرفة الاحتراق وفحصها جيداً Explosion meter
- بعد انتهاء عملية الكسح والفحص يتم إشعال المرشد Pilot الخاص بكل موقد وألتأكد من اشتعالة وإلا يتم غلق صمامات الغاز فوراً حتى لا تدخل غازات الحريق الى غرفة الاحتراق
- فتح صمامات الغازات الى الموقد والتأكد من إتمام الاشتعال بها إلا يتم أطفائها فوراً
- ضبط هواء الاحتراق للحصول على إشتعال جيد ثم ضبط الضغط داخل غرفة الاحتراق لإحداث السحب Draft المناسب داخل الفرن
- مراقبة حرارة الخارج من الفرن Coil out let temperature وكذلك حرارة سطح الواسير skin temperature مع رفع درجات الحراره بمعدلات مناسبة لتصميم الفرن.

طريقة إطفاء الفرن بموقد الغاز Shutting of gas burner

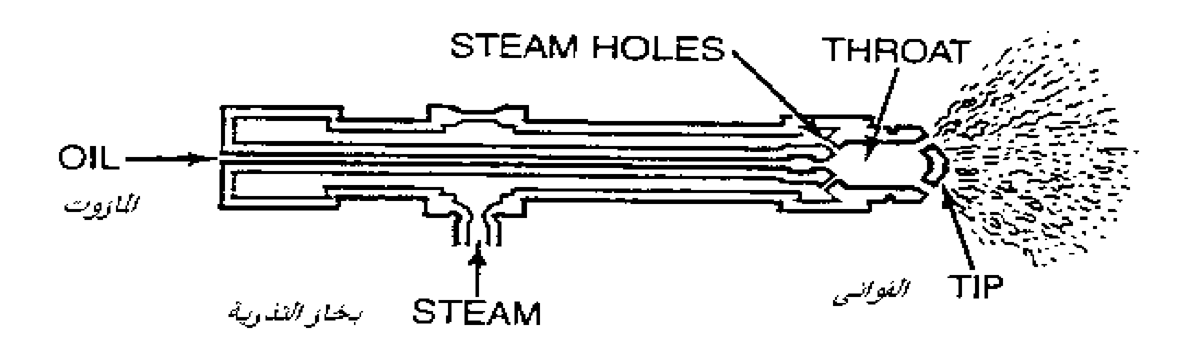
- النزول التدريجى بدرجات الحراره
- اطفاء جميع المواقد باتدريج حسب معدل النزول بدرجات الحرارة
- الغلق الجيد لجميع صمامات الغاز لتأكد من عدم تسريب الغاز داخل غرفة الاحتراق
- فتح جميع بوابات الهواء للمواقد لتبريد غرفة الاحتراق مع فتح بوبات المدخنة بالكامل
- فتح كل بوبات المراقبة peephole لمراقبة الفرن مراقبة جيده ولمزيد من هواء التبريد



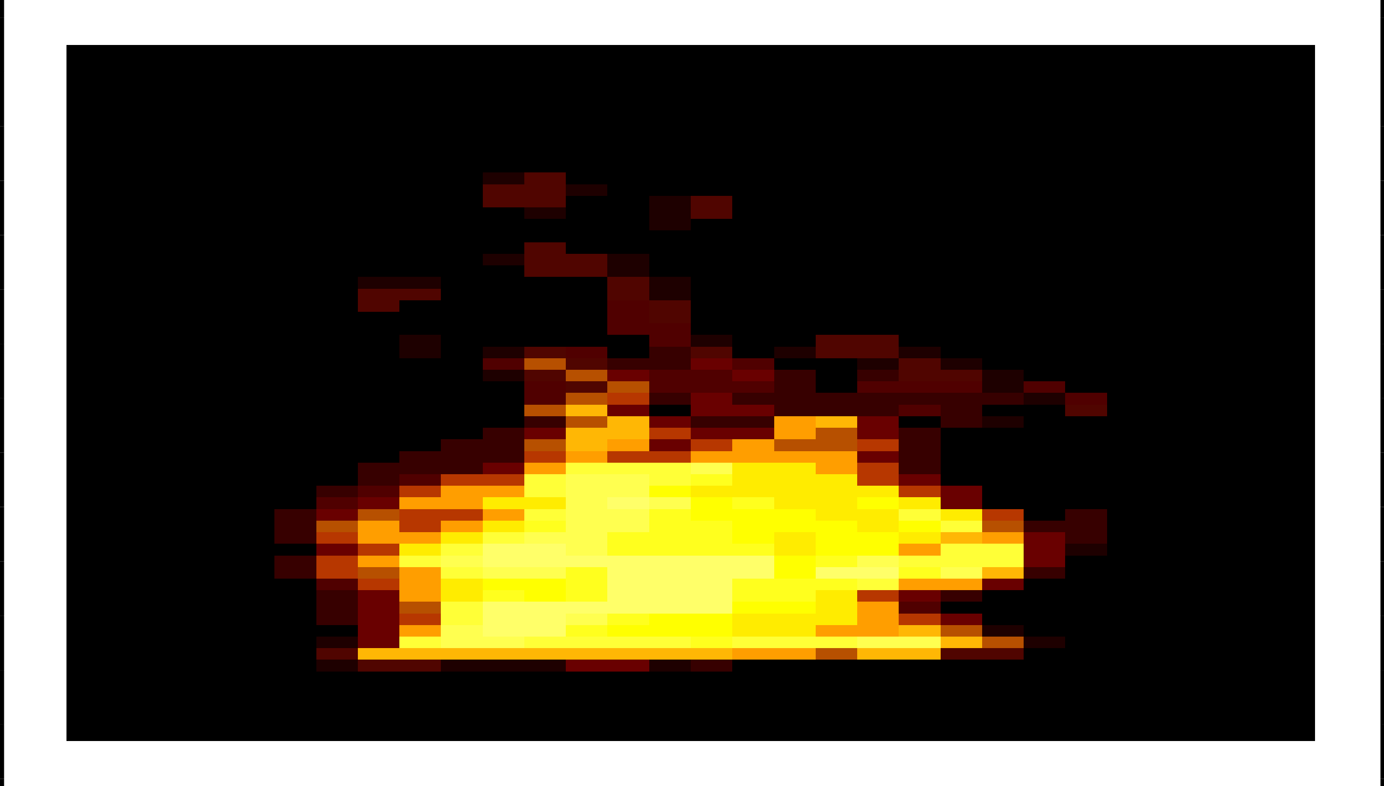
نظام إعداد غاز الحريق

2) مواقد المازوت Fuel oil burners

يتكون موقد الغاز من ماسورة بخار التزرير Atomizing steam وبداخلها ماسورة اصغر لمازوت الحريق Fuel oil وبطرف الموقد شكل شبة مخروطى به ثقوب صغيره تسمى الفوانى Tip يخرج منها المازوت على شكل رذاذ ليشتعل ولهذا لابد من تسخين المازوت الى درجة حرارة تكفى لسهولة التزرية (100 -120 C) وكذلك لابد من ان يكون بخار التزرية ذو ضغط اعلى من المازوت (10-12Kg/cm2) وذو درجة حرارة (250-270C) للحصول على تزرية جيده للمازوت ومن ثَمَ يسهل إشتعاله.



موقد المازوت Oil Burner



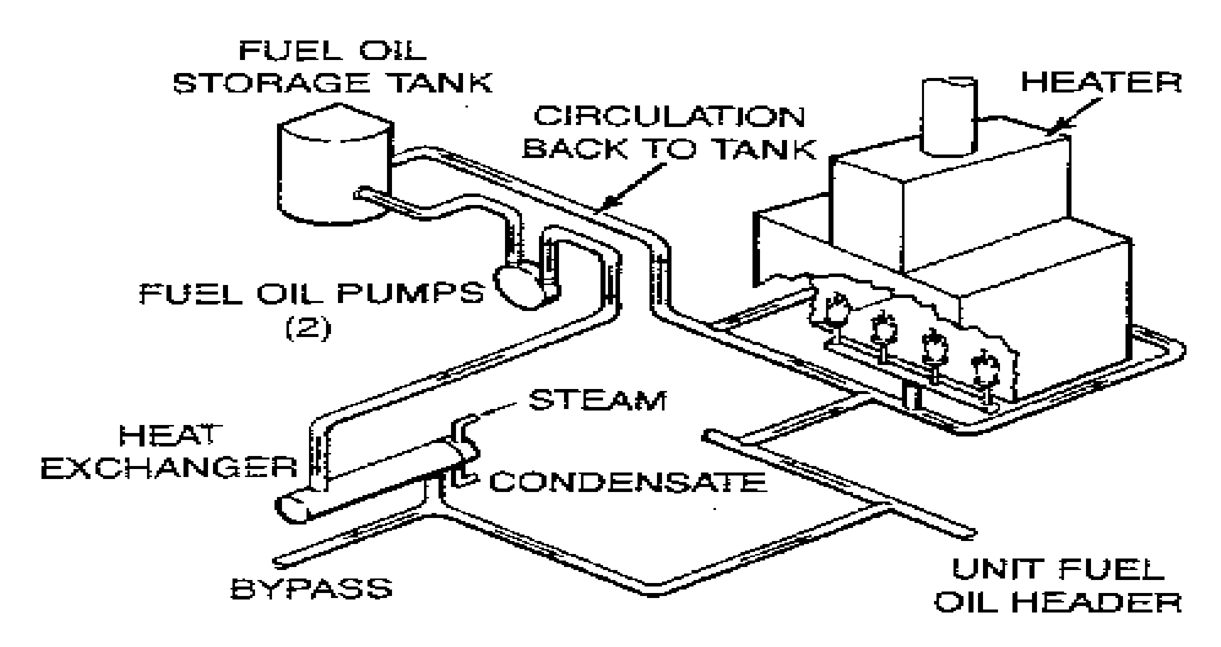
طريقة اشعال الفرن بموقد المازوت Lighting of Fuel oil burner

اولا: تجهيز دائرة المازوت

- التأكد من منسوب المازوت فى المستودع the tank level
- التأكد من درجة حرارة المازوت الخارج من مسخن البخار Steam heater بحيث تكون فى حدود (100-120C) للحصول على لزوجة مناسبة لأشتعال
- التأكد من النظام يسير فى المسار الطبيعى Line up وان ضغط المازوت الخارج فى حدود (8-12Kg/cm2)

ثانياً: تجهيز الموقد

- التأكد من نظافة فوانى المواقد Burner tips وان جميع الثقوب نظيفة من اى شوائب مترسبة
- تركيب المواقد فى اماكنها الصحيحة
- التأكد من غلق جميع صمامات المازوت علر المواقد
- كسح غرفة الاحتراق جيداً بالهواء او البخار heater purge لتأكد من عدم وجود اى مواد اشتعال داخل غرفة الحتراق قد تؤدى الى تكوين مخاليط انفجارية والتاكد من ذلك عن طريق اخذ عينة من الهواء الموجود فى غرفة الاحتراق وفحصها جيداً Explosion meter
- بعد انتهاء عملية الكسح والفحص يتم إشعال المرشد Pilot الخاص بكل موقد وألتأكد من اشتعالة وإلا يتم غلق صمامات الغاز فوراً حتى لا تدخل غازات الحريق الى غرفة الاحتراق
- تصفية بخار التزرير Atomizing steam وضبط ضغطة بحيث يكون ضغط البخاراعلى من ضغط المازوت فى حدود (2-2.5Kg/Cm2)
- فتح صمام بخار التزرير وصمام المازوت والتأكد من إشتعال المواقد
- ضبط نسبة الهواء الابتدائى Primary Air والهواء الثانوى Secondary Air للحصول على إحتراق جيد
- ضبط ضغط الفرن heater draft للحصول على تشغيل إقتصادى للفرن
- مراقبة حرارة الخارج من الفرن Coil out let temperature وكذلك حرارة سطح الواسير skin temperature مع رفع درجات الحراره بمعدلات مناسبة لتصميم الفرن.



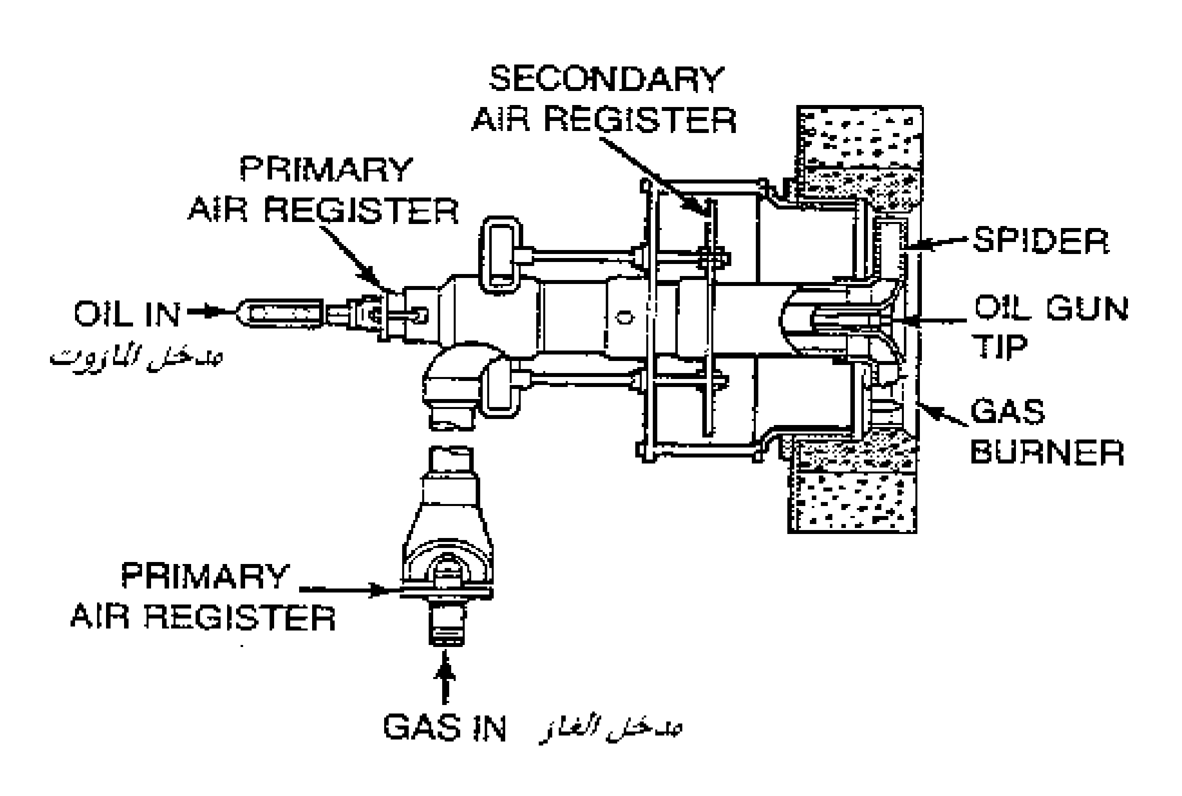
نظام إعداد مازوت الحريق

Shutting of Fuel oil burner طريقة إطفاء الفرن بموقد المازوت

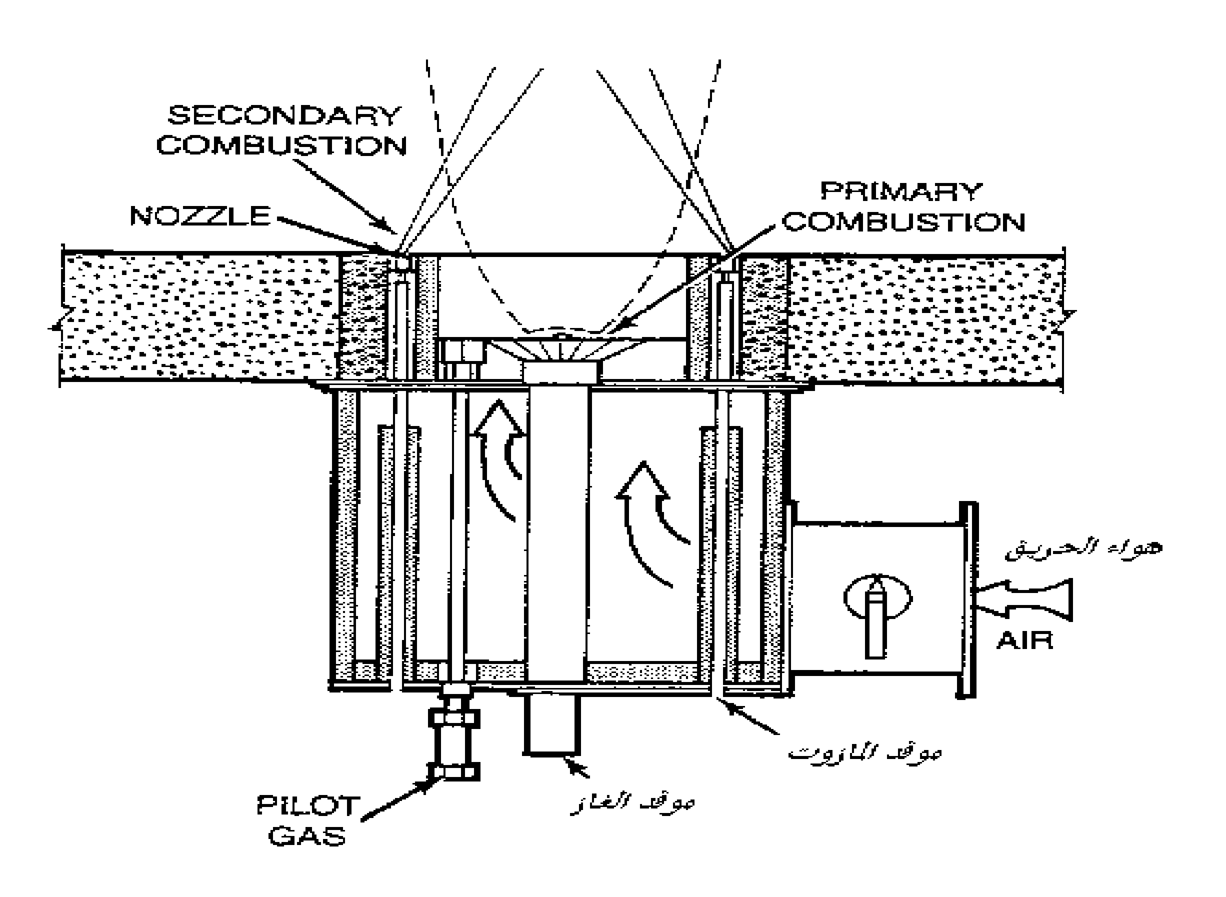
- النزول التدريجى بدرجات الحراره
- اطفاء جميع المواقد باتدريج حسب معدل النزول بدرجات الحرارة
- الغلق الجيد لجميع صمامات المازوت لتأكد من عدم تسريب المازوت داخل غرفة الاحتراق
- استخدام بخار التزرير فى تنظيف مسار المازوت داخل المواقد
- غلق صمامات بخار التزرير عن المواقد
- التأكد من عمل دائرة التقليب لنظام تسخين المازوت مع مراقبة حرارة المستودع وضغطة
- فتح جميع بوابات الهواء للمواقد لتبريد غرفة الاحتراق مع فتح بوبات المدخنة بالكامل
- فتح كل بوبات المراقبة peephole لمراقبة الفرن مراقبة جيده ولمزيد من هواء التبريد

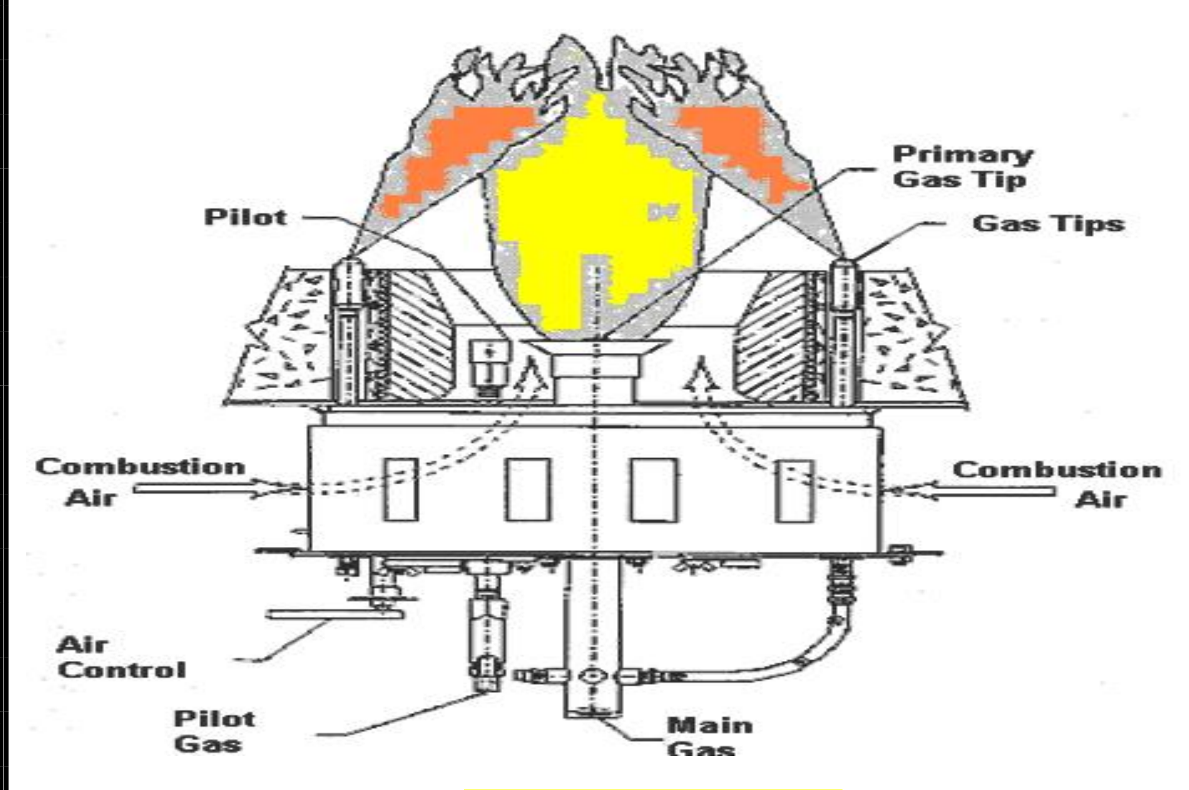
3) مواقد المازوت والغاز Fuel oil & Gas burners

يتكون الموقد المزدوج من موقدين للغاز والمازوت معاً فى مجموعه واحدة مما يجعلة اكثر فاعلية وانتشاراً حيث يمكن اشعال موقد الغاز فقط او موقد المازوت فقط او كلاهما معاً حسب الظروف المتاحة ويوجد منها انواع كثيره ولا تختلف طريق الاشعال والتطفئة كثيراً عن الانواع السبقة.



مواقد الغاز والمازوت



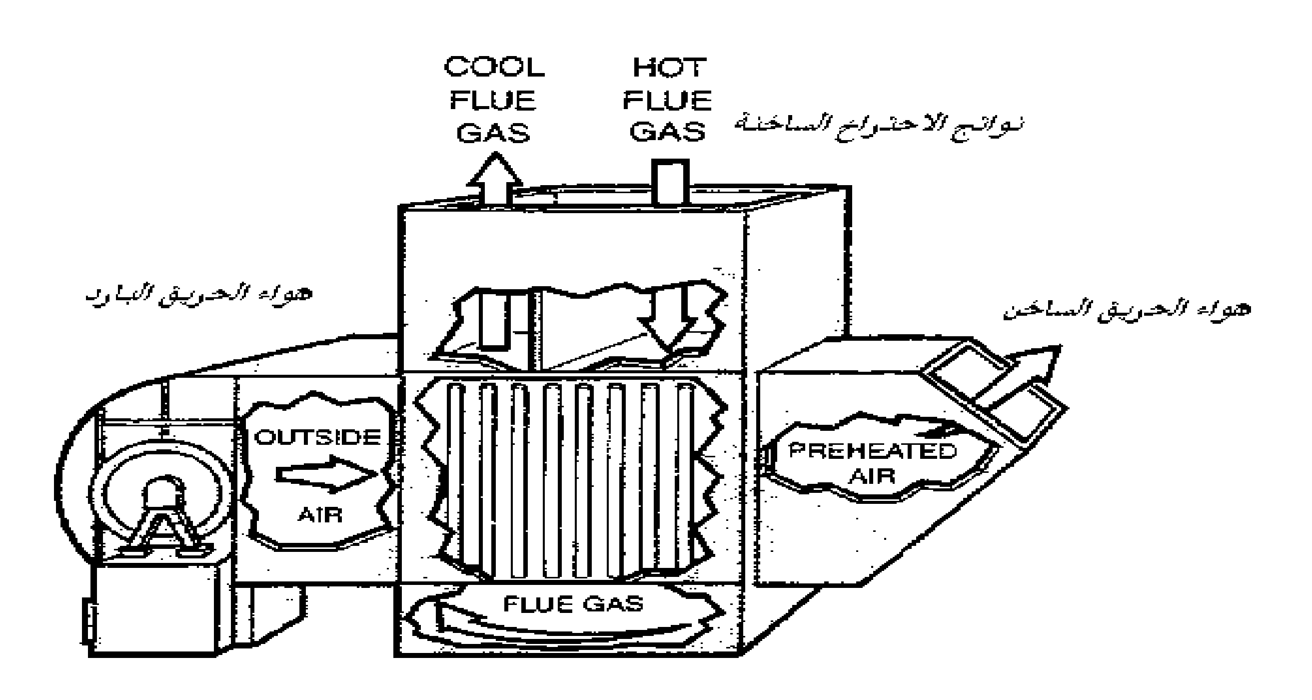


بعض مشاكل المواقد

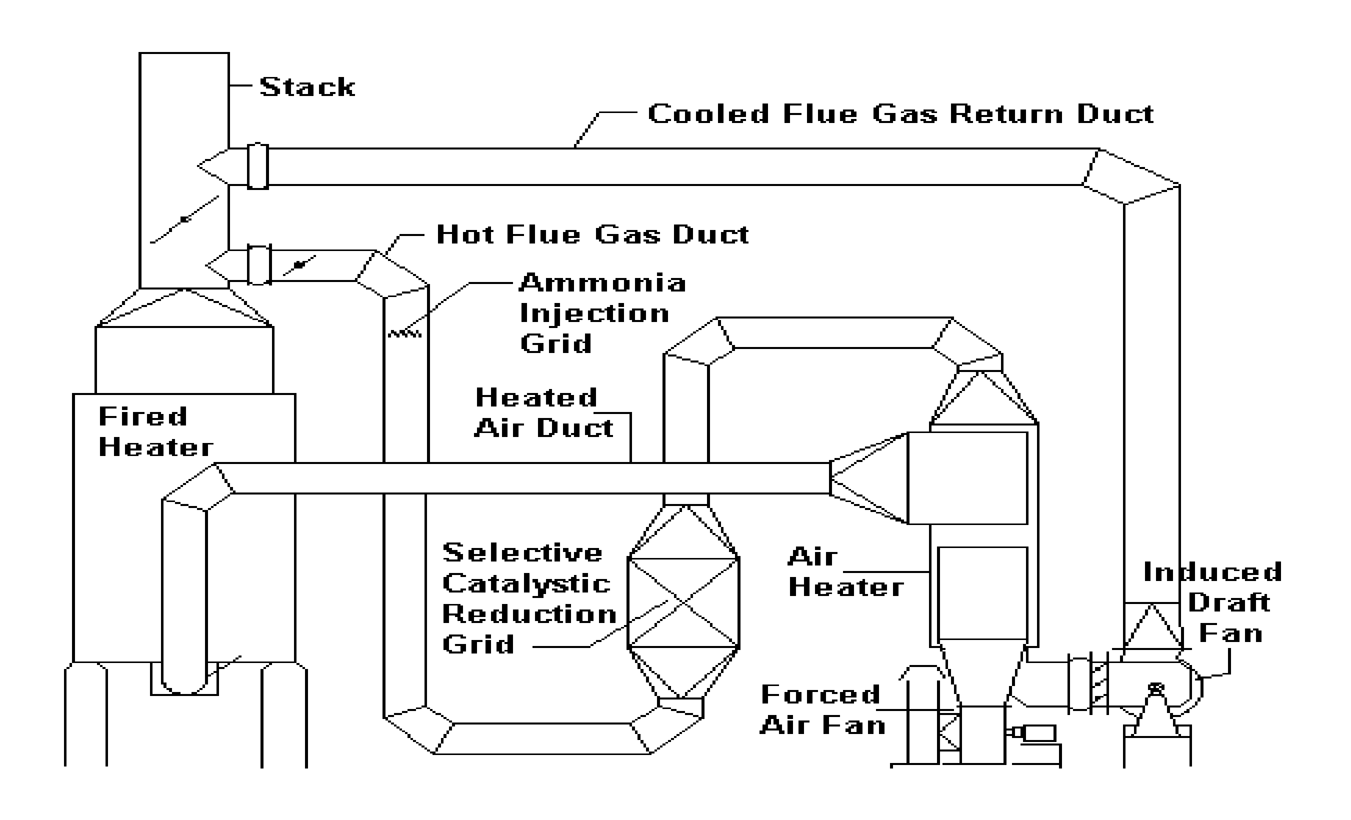
الرقم	الظواهر	الحل
	Fuel oil burners مواقد المازوت	
1	طول اللهب مع وجود دخان	ضبط كمية هواء الحريق وضغط بخار التزرير
2	احمرار اللهب وتقطعة	نسبة الاكسجين قليلة لذا لابد من زيادة الهواء
3	لون اللهب ابيض ناصع	تقليل كمية الهواء
4	اللهب مرتعد وغير مستقر	زيادة كمية المازوت وضبط ضغط بخار التزرير
5	وجود شظايا داخل اللهب	تنظيف الفوانى
	Gas burners مواقد الغاز	
1	طول اللهب	زيادة الهواء الاولى اوتقليل الهواء الثانوى

2	قصر اللهب	زيادة الهواء الثانوى اوتقليل الهواء الاولى
3	ارتداد اللهب الى الموقد	زيادة ضغط الغاز او زيادة الكثافة
4	تقطع اللهب	تقليل ضغط الغاز وضبط كمية الهواء
Gas & Oil burners مواقد المازوت و الغاز		
1	وجود شظايا داخل اللهب	تنظيف الفوانى
	تقطع اللهب وإرتدادة	تقليل ضغط الغاز وضبط كمية الهواء

11) مسخن الهواء Air preheated



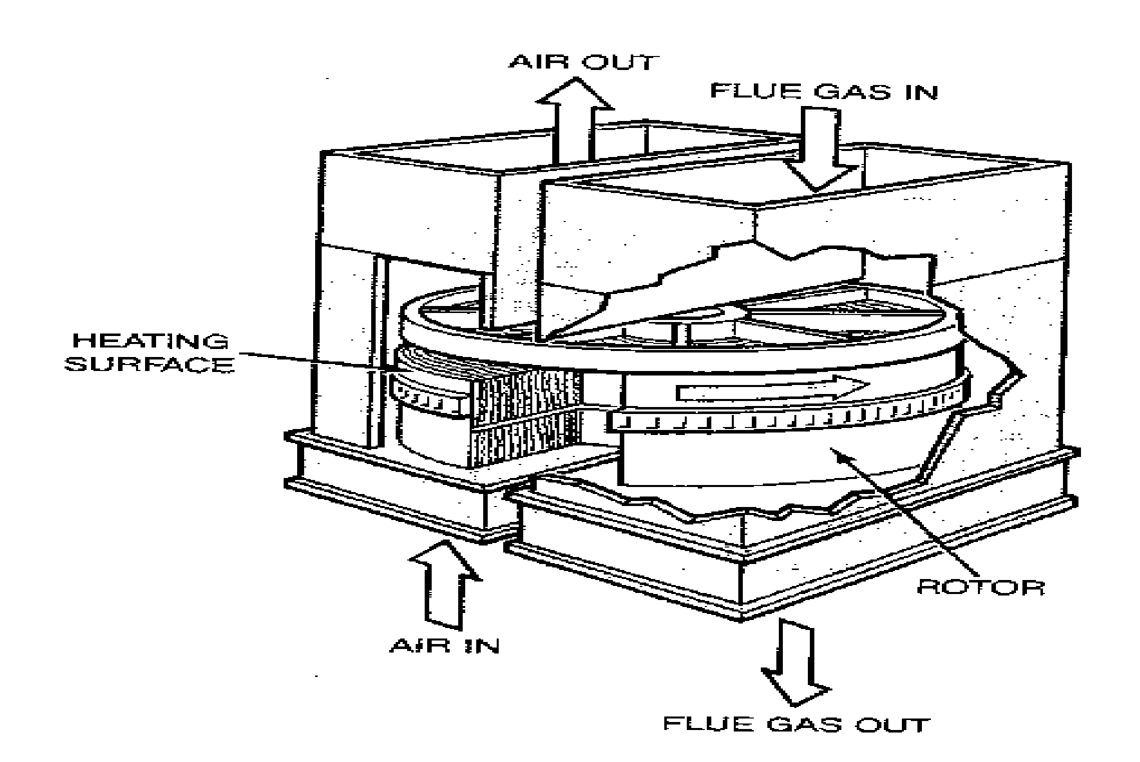
مسخن الهواء



يعتبر مسخن الهواء من اهم اجزاء الفرن حيث يقوم بتسخين الهواء اللازم للاحترق باستخدام نواتج الاحتراق مما يرفع كفاءة الفرن ويقلل من استهلاك الوقود ويحافظ على البيئة حيث ان درجة حرارة الهواء الجوى تكون ما بين (10-40C) فى اغلب الاحيان وعند دخوله الى غرفة الاحتراق بدرجة

الحراره هذه إنه يؤدى الى خفض درجة حرارتها وهذا يستلزم الى كمية اخرى من الوقود لرفع درجة حرارة الفرن مره اخرى لذا فإن مسن الهواء له وظيفتان :

- تسخين الهواء قبل دخوله الفرن لتوفير الوقود المستخدم
- تبريد نواتج الاحتراق قبل خروجها للجو مما يحافظ على البيئة ويراعى تبريد نواتج الاحتراق الى مدى معين اكبر من درجة حرارة تكثيف بعض الاحماض الموجودة بها والتى تؤدى الى تأكل معدن المدخنه.



12) هواء الحريق Combustion Air

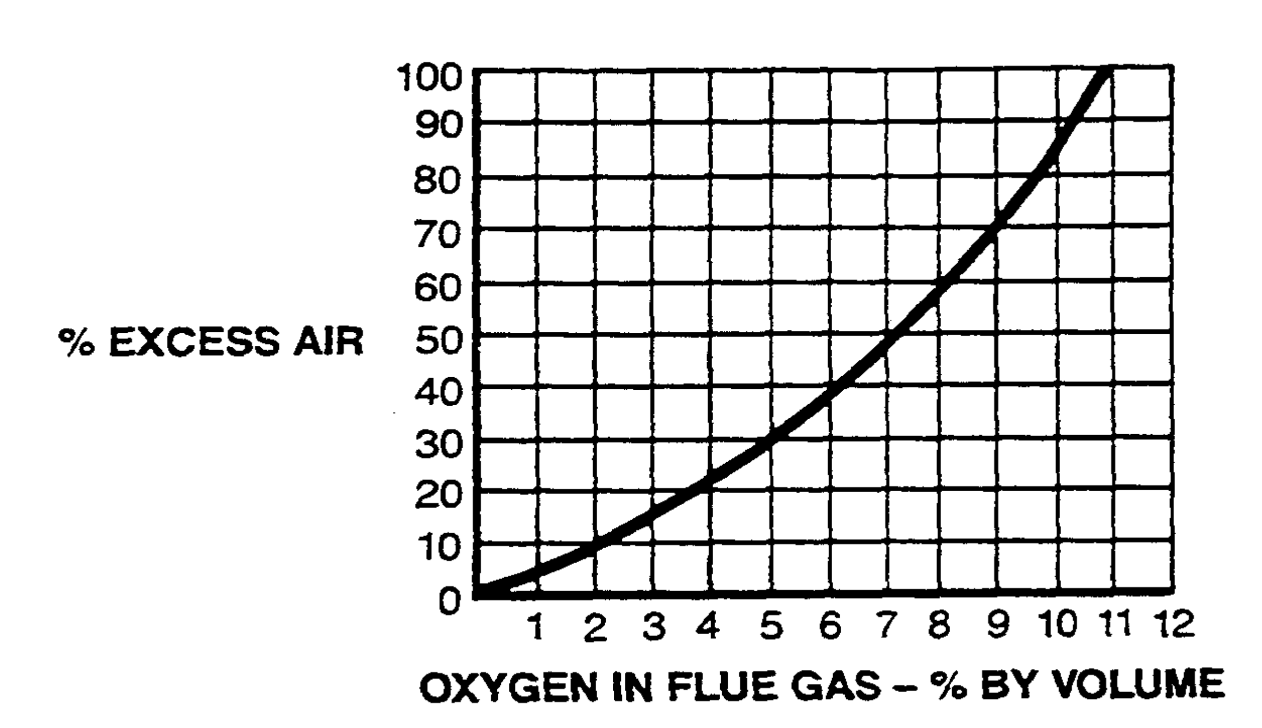
هواء الحريق هو مصدر الاكسجين اللازم للاستكمال مثلث الحريق داخل الفرن ويمكن الحصول علية بطريقتين :

1) الدفع الطبيعى وفيه يتم استخدام بوبات السحب الطبيعى اسفل الفرن او بجوانبه لدخول كمية الهواء اللازمه
2) الدفع الجبرى وفيه يتم استخدام مروحة Forced draft لتدفيع كمية الهواء اللازمة للاحتراق

ويراعى دخول كمية زائدة من الهواء Excess Air لتأكد من الاحتراق الكامل للوقود وهذة الكمية تكون فى حدود 20% فى حالة استخدام المازوت Fuel oil وحوالى 10% عند استخدام الغاز كوقود وتوضح المعادلات الاتية :

$$CH4 + 2\,O2 \longrightarrow CO2 + CO + H2O + Heat$$

ويتم تحديد نسبة اهواء الزائد Excess Air عن طريق معرفة نسبة الاكسجين فى نواتج الاحتراق ويوضح الجدول والرسم الاتيان كيفية حساب نسبة الهواء الزائد باستخدام نسبة الاكسجين.



% OXYGEN	% EXCESS AIR
0	0
2	10
3	16
4	22
5	29
6	37
7	46
8	57
9	69
10	83

سبق وتحدثنا ان جميع الافران يتم عزلها بمواد عزل متطورة ذات ناقلية حرارية منخفضة تستخدم لعزل جدران الأفران والمراجل مما يقلل من التسريب الحرارية وتوفير الطاقة غير ان تصنيع وتركيب هذه المواد يتطلب احتوائها على نسبة عالية من الرطوبة لابد من تجفيفها قبل دخول الافران الخدمة وتعرضها لدرجات حرارة عالية ولهذة العملية خطوات ثابتة ومحددة يتم وضعها بواسطة الشركه المصنعة لمواد العزل ولكن اغلبها يشمل الخطوات الاتية:

1) ***يجب تنظيف غرفة الاحتراق جيداً من بقايا مواد العزل ومهمات السلامة واية شوائب اخرى***
2) ***التأكد من دخول كل اجهزة القياس (الحراره والضغط) فى الخدمة***
3) ***ادخال كمية مناسبة من البخار داخل مواسير الفرن للحفاظ على حرارة سطح المواسير***
4) ***يتم رفع درجة حرارة غرفة الاحتراق ببطء شديد 30C/hr او حسب التصميم عن طريق اشعال المرشد Pilot فقط ويتم توزيع اللهب بانتظام داخل غرفة الاحتراق حتى تصل درجة الحرارة فى حدود 110 – 120 C او حسب التصميم***
5) ***يجب المحافظة على هذة الحرارة الى مدة محددة حسب التصميم مع مراقبة التوزيع الجيد لدرجات الحراراة بجميع مناطق الفرن***
6) ***بعد هذة الفترة من الثبات يتم رفع درجة الحرارة الى درجة حرارة اعلى ربما 250C او حسب التصميم ثم الثبات الى مدة محددة***
7) ***يتم بعد ذلك اشعال امواقد بانتظام والاستمرار فى رفع درجة الحرارة الى 540C او حسب التصميم ثم الثبات على هذه الحرارة لمدة محددة حسب التصميم***
8) ***يتم النزول تدريجياً بعدل 50C/hr الى ان تصل درجة الحرارة الى درجة حرارة الجو مع مراعاة ان يتم اطفاء المواقد بانتظام لضمان التوزيع الجيد لدرجات الحرارة***
9) ***يتم فتح جميع بوبات المراقبة والتفتيش وعدم الخول للفرن الا بعد التأكد من انخفاض درجة الحرارة الى المدى المقبول***
10) ***بعد الحصول على التصاريح اللازمة بدخول للفرن يتم الخول للافراد المصرح لهم للكشف على مدى سلامة العزل الحرارى***
11) ***بعد التأكد من سلامة العزل يتم غلق جميع البوبات والاستعداد لدخول الفرن الى دائرة التشغيل . ويبين الرسم الاتى منحنى تجفيف الفرن.***

الحرارة

540 C

9hr

250C

150C

9Hr

9Hr

الوقت

ثانياً : تشغيل الافران Fired heater operation

أولا : التشغيل الطبيعى للفرن Furnace cold start up

بفرض ان لدينا فرن يعمل بالغاز والمازوت معاً تكون خطوات تشغيلة كما يلى:

- التأكد من نظافة فوانى المواقد Burner tips وان جميع الثقوب نظيفة من اى شوائب مترسبة
- تركيب المواقد فى اماكنها الصحيحة
- تجهيز دائرة غازات الحريق Fuel gas system والتأكد من عدم وجود متكثفات داخل مجمع الغاز Knock out drum وان الضغط بداخلها مناسب لتشغيل
- التأكد من منسوب المازوت فى المستودع the tank level
- التأكد من درجة حرارة المازوت الخارج من مسخن البخار Steam heater بحيث تكون فى حدود (100-120C) للحصول على لزوجة مناسبة لأشتعال

- التأكد من النظام يسير فى المسار الطبيعى Line up وان ضغط المازوت الخارج فى حدود (8-12Kg/cm2)
- التأكد من غلق جميع صمامات المازوت والغاز على المواقد
- كسح غرفة الاحتراق جيداً بالهواء او البخار heater purge لتأكد من عدم وجود اى مواد اشتعال داخل غرفة الحتراق قد تؤدى الى تكوين مخاليط انفجارية والتاكد من ذلك عن طريق اخذ عينة من الهواء الموجود فى غرفة الاحتراق وفحصها جيداً Explosion meter
- بعد انتهاء عملية الكسح والفحص يتم إشعال المرشد Pilot الخاص بكل موقد وألتأكد من اشتعالة وإلا يتم غلق صمامات الغاز فوراً حتى لا تدخل غازات الحريق الى غرفة الاحتراق مرة اخرى
- فتح صمامات الغازات الى الموقد والتأكد من إتمام الاشتعال بها و إلا يتم أطفائها فوراً
- تصفية بخار التزرير Atomizing steam وضبط ضغطة بحيث يكون ضغط البخار اعلى من ضغط المازوت فى حدود (2-2.5Kg/Cm2)
- فتح صمام بخار التزرير وصمام المازوت والتأكد من إشتعال المواقد
- ضبط نسبة الهواء الابتدائى Primary Air والهواء الثانوى Secondary Air للحصول على إحتراق جيد
- ضبط ضغط الفرن heater draft للحصول على تشغيل إقتصادى للفرن
- مراقبة حرارة الخارج من الفرن Coil out let temperature وكذلك حرارة سطح الواسير skin temperature مع رفع درجات الحراره بمعدلات مناسبة لتصميم الفرن.

ثانيًا : التطفئة الطبيعية للفرن Furnace Shutting down

- النزول التدريجى بدرجات الحراره
- اطفاء جميع المواقد باتدريج حسب معدل النزول بدرجات الحرارة
- الغلق الجيد لجميع صمامات الغاز لتأكد من عدم تسريب الغاز داخل غرفة الاحتراق
- الغلق الجيد لجميع صمامات المازوت لتأكد من عدم تسريب المازوت داخل غرفة الاحتراق
- استخدام بخار التزرير فى تنظيف مسار المازوت داخل المواقد
- التأكد من عمل دائرة التقليب لنظام تسخين المازوت مع مراقبة حرارة المستودع وضغط
- فتح جميع بوابات الهواء للمواقد لتبريد غرفة الاحتراق مع فتح بوبات المدخنة بالكامل

فتح كل بوبات المراقبة peephole لمراقبة الفرن مراقبة جيده ولمزيد من هواء التبريد

ثالثاً : التطفئة الإضطرارية للفرن Furnace Emergency Shutting down

فى بعض الاحيان قد تحدث بعض المشاكل الخارجة عن الارادة تؤدى الى التطفئة الاضطرارية للفرن ومن هذة الامور:

- حدوث كسر فى احدى مواسير الفرن مما يؤدى الى تسريب كميات كبيره من المواد المارة بها
- انقطاع التيار الكهربائى لمدة كبيره مما يؤدى الى انقطاع التغذية
- حدوث تهتك بأحد جدران الفرن
- حدوث تهتك لوصلات التمدد
- حدوث تهريب هيدروكربونى شديد لا يمكن عزلة قبل او بعد الفرن

كل هذة الامور السابق وغيرها تكون سبباً كافياً لإطفاء الفرن تطفئة اضطرارية بان تفعل انظمة الحماية Interlock system على الفرن والتى تزود بها جميع الافران ويكون على جميع العاملين توخى الحذر عند التعامل مع هذة الحالات. حيث تقوم انظمة الحماية بغلق جميع مصادر التغذية والوقود فوراً وفتح مسارات الكسح لمواسير التغذية وغرفة الاحتراق .

ثالثاً : مشاكل الافران Fired heater troubleshooting

مع تشغيل الافران الصناعية تظهر العديد من المشاكل اهمها:

1) إرتداد اللهب Flame impingment

وفيها يكون اللهب الصادر من المواقد غير منتظم فيقوم بلمس الاجزاء الداخلية للفرن وغالبا ما تكون مواسير التغذية فيؤدى ذلك الى رفع درجة حرارة الجزء الملموس Over heating مما يؤدى الى تكون كمية من الفحم داخل المواسير قد تؤدى الى إنفجار الماسورة فيما بعد ولتخلص من هذة المشكلة لابد من ضبط ظروف تشغيل الموقد وإلا عزلة وتنظيفة.

2) البقع الحمراء Hot spots

وهى عبارة عن بقع متوهجة حمراء تظهر غلباً فى مواسير الفرن نتجية لإرتداد اللهب فى هذه النقطة أو نتجية لسوء التوزيع الحرارى داخل الفرن ويؤدى ذلك الى ترسيب الفحم وتكونة فى هذه النقطة مما يسبب الى تسخين هذة المنطقة Over heating قد يؤدى الى إنفجار للماسوره ويمكن رؤيتها بالعين والكشف عنها بأجهزة قياس الحرارة Pyrometer د ولتخلص من هذة المشكلة لابد من ضبط ظروف تشغيل الموقد وإلا عزلة وتنظيفة.

3) تكوين الفحم داخل المواسير Coke formation

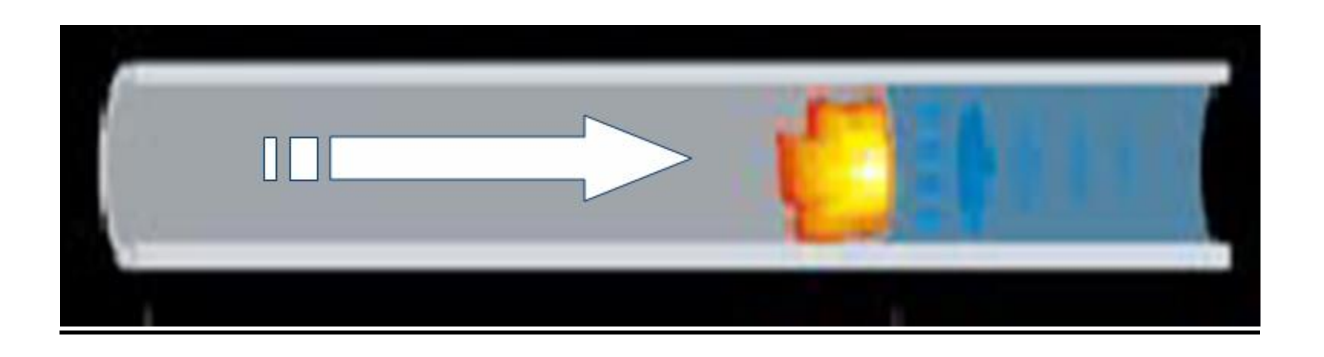
وهى من اكثر المشاكل إنتشاراً وعليها وعليها تترتب معظم المشاكل السابقة وفيها يتم ترسيب الرواسب الفحمية coke deposit داخل المواسير التغذية تعمل هذة الرواسب كمادة عازلة مما يقلل من معدل إنتقال الحرارة ويعرض المواسير الى التسخين الزائد over heating فيؤدى ذلك الى تكون بقع حمراء التى تكون سبب فى تدمير الامواسير ولتغلب على هذه المشكلة لابد من ازالة الفحم المتكون داخل المواسير ولازالة الفحم المنتكون هناك عدة طرق اهمها:

اولاً: التقشير Spalling

وفية يتم تقشير الفحم بالبخار ذو الضغط العالى HPS بعد تكسيره نتيجة اختلاف معدل التمدد والانكماش بينة وبين معدن الماسورة حيث يتم على الخطوات الاتية:

- خفض درجة حرارة خارج الفرن الى درجة حرارة معينة حسب التصميم
- تزويد مواسير الفرن بكمية معينة من بخار التقشير Spalling steam
- قطع التغذية عن مواسير الفرن وزيادة كمية البخار Spelling steam مع المراقبة الجيدة لحرارة الخارج Coil outlet temperature وحرارة جسم المواسير Skin temperature
- رفع درجات الحراره بمعدل ثابت الى درجة حرارة معينة حسب التصميم مع مراقبة لون المواسير حيث ستتحول الى اللون الوردى وعدم السماح بوجود بقع سوداء بها
- بعد فتره من الزمن سيقل الفرق بين درجتى حرارة خارج الفرن وجسم المواسير وعند هذة المرحلة يتم خفض درجات الحرارة فجاءة الى درجة معينة ثم الصعود بها فجاءة مرة اخرى وهنا يحدث انكماش مفاجئ وتمدد مفاجئ للمواسير فتكسر (يقشر) الفحم لان معدل التمدد والانكماش للفحم اقل من معدن المواسير وبهذا يتم التقشير والكسح بواسطة البخار.

ثانياً: عملية إزالة الفحم بالبخار والهواء Steam Air decoking



طريقة يتم فيها إزالة الفحم المترسب على جدار المواسير داخل الافران بواسطة حرق الفحم بالهواء.وفيها يستخدم البخار اولا ًلازالة الفحم السائب او الذى يمكن ان يتقشر من جدار المواسير تحت تاثير تغير درجات الحرارة والكسح بالبخار, ثم يدخل الهواء بعد ذلك ليتم حرق الفحم اللاصق بشدة بجدار المواسير وذلك عند حرارات عالية نسبياً.

وتتم عملية تقشير الفحم (spalling) عندما يتمدد الفحم داخل المواسير بمعدل يختلف عن معدل تمدد معدن المواسير الموجود بها الفحم ونتيجة لذلك يتكسر ويتقشر الفحم ويتم حمله بواسطة البخار فى صورة قشور فحم كذلك عند حرق الفحم بالهواء يقوم البخار بحمل نواتج الاحتراق والحرارة الناتجة عن الاحتراق الى خارج المواسير الى وعاء الفصل .

ويستخدم البخار فى عملية إزالة الفحم بالبخار والهواء كوسيلة لنقل الحرارة وإمتصاصها لمنع عملية التسخين الزائد لجسم المواسير وذلك عند بدءعملية الإحتراق للفحم عند دخول الهواء. ويتم مراقبة حرارة البخار ونواتج الإحتراق من خلال حرارات جسم المواسير (Skin temp.) ويتم التحكم فى الحرارة من خلال ضبط كمية الهواء المستخدمة فى عملية الإحتراق أو من خلال ضبط كمية غازات الحريق او كلاهما معاً للحفاظ على حرارة جسم المواسير فى الحدود المسموح بها.

فى بداية العملية يتم إدخال البخارداخل المواسير وترفع درجة حرارة الفرن والمواسير تدريجيا بمعدل ثابت حتى تصل إلى درجة الحرارة اللازمة لبدء عملية الإحتراق (535 - 590 م) وعندها يتم حقن الهواء داخل المواسير .

بمجرد بدء عملية الإحتراق داخل المواسير (احتراق الفحم مع الهواء) تنطلق حرارة وتنتقل هذه الحرارة الى البخار والهواء ونواتج الإحتراق ومنها إلى جسم المواسير فتؤدى إلى إرتفاع حرارة جسم المواسير مما يؤدى إلى تغييرلون المواسير التى يحدث فيها الإحتراق من اللون الغامق إلي اللون الأحمر المتأجج فى المنطقة التى يحدث فيها الإحتراق وبعد إزالة الفحم من الماسورة يعود لونها مرة اخرى للون الغامق وينتقل الإحمرار المشتعل إى منطقة اخرى من الماسورة يحدث فيها الإحتراق وهكذا حتى يتم التخلص من الفحم داخل كل المواسير.

تعليمات عامة لعملية إزالة الفحم :-

1- يتم ترك البخار مفتوح إلى المواسير طوال العملية إلا فى آخر مرحلة حيث يتم خفض كمية البخار تدريجيا لرفع نسبة الهواء للتأكد من إزالة الفحم تماماً.

2- يتم مراقبة الحرارة جيداً ويتم ضبط الحرارة على معدل أعلى قليلاً من المطلوب لعملية الإحتراق لضمان بدأ و استمرار عملية الاحتراق.

3- أثناءرفع درجة حرارة الفرن إلى حرارة الإحتراق يتم مراقبة ماء التبريد (quench water) على مجمع التبريد حيث سيظهر اللون الاسود فى الماء مع بدأ و استمرار تقشير الفحم من المواسير.

4- إذا لوحظ زيادة فى كميات الفحم المنطلق من داخل المواسير اثناء عملية تقشير الفحم فى درجات الحرارة العالية فإنه يجب ضبط كمية البخار وضبط درجة الحرارة لتقليل عملية التقشير للفحم وذلك لتقليل فرصة حدوث نحر داخل أكواع المواسير.

5- يتم الإحتفاظ بمعدل سريان بخار عالي اثناء فترة الإحتراق وذلك لتجنب زيادة الحرارة over heating للمواسير.

التجهيزات والتعليمات:-

1- عند تطفئة الوحدة يتم عزل الفرن بإستخدام أوجه صماء لخطوط التشغيل العادى.

2- يتم إزالة الأوجه الصماء من خطوط إزالة الفحم المجهزة لهذا الغرض.

3- يتم كسح الفرن بإستخدام البخار لإزالة أى ابخرة قابلة للإشتعال والإنفجار قد تكون موجودة.

4- يتم وقف عملية الكسح ويتم إشعال بعض اللمبات ويكون التحكم فى الإشتعال يدوياً مع توزيع إشعال اللمبات على مسافات منتظمة للحصول على إحتراق منتظم داخل الفرن.

5- يتم رفع حرارة جو الفرن بمعدل 100C/Hr اوحسب التصميم

6- بعد وصول حرارة جو الفرن إلى 260 °م يتم البدء فى إدخال البخار إلى المواسير بإستخدام البلوف

7- بعد إدخال البخار إلى المواسير يتم فتح مياة التبريد على مجمع التريد (quench water) حتى يتم تكثيف معظم البخار الخارج من الفرن.

8- باستخدام مبينات الحرارة الموجودة داخل المواسير (درجات حرارة السريان المار داخل المواسير) استمر فى رفع درجة الحرارة بمعدل 100 °م/س ومن هذه النقطة يتم استخدام هذه المبينات للتحكم فى معدل الإشتعال.

9- إستمر فى رفع حرارة خارج المواسير حتى 620 °م مع الثبات عند هذه الحرارة لمدة ساعتين يتم عمل صدمات للمواسير وذلك بالنزول بالحرارة سريعاً إلى 400 °م بغلق جميع لمبات الحريق مع المحافظة على ثبات الضغط الداخل على المواسير بزيادة كمية البخار المستخدمة.
بعد مرور خمس دقائق من الوصول الى حرارة 400 °م يتم رفع حرارة خارج المواسير إلى620 °م بأقصى سرعة والثبات عليها لمدة ساعتين و يتم تكرار الصدمات عدة مرات حتى يصبح لون الماء الخارج خالي من الفحم تماما.

10- إستمر فى رفع حرارة المواسير حتى اقصى قيمة للخارج ما بين(535 – 565 °م)

11- إبدء فى عملية الإحتراق بإدخال هواء مع البخار بكمية تمثل 10% من كمية البخار المحقون ويتم مراقبة حرارة جسم المواسير وشكل المواسير وسيبدأ الإحتراق فى مدخل المواسير حيث حقن الهواء والبخار ومع الإحتراق سيظهر بعض البقع الساخنه (hot spot) بطول حوالى 30-50سم تتحرك ببطئ فى اتجاه الخروج مع استمرار عملية الإحتراق يتم أخذ عينات من خارج المواسيركل ساعتين لتحديد نسبة كل من (O_2 ,CO ,CO_2)

12- لا يسمح بظهور اللون الأبيض فى المواسير مطلقاً ويمكن التحكم فى حرارة المواسير من خلال
1- تغيير نسبة الهواء الى البخار (تقليل كمية الهواء وزيادة كمية البخار)
2- ضبط كمية غازات الحريق مع مراقبة الفرن جيداً اثناء إتمام عملية إزالة الفحم.

13- بمجرد بدء عملية الإحتراق استمر فى إدخال الهواء إلى المواسير حتى يتم الأستمرار فى الإحتراق حتى آخر ماسورة عند المخرج من الفرن . مع العلم أنه يجب المحافظة على حرارة جسم المواسير عند درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة الحرارة اللازمة لإتمام عملية الإحتراق داخل المواسير (535 – 565 °م). ولكن لو ان الهواء المستخدم لعملية إحتراق الفحم قد زاد عن المعدل المطلوبفسوف يتم الإحتراق عند درجة حرارة أقل وستتعرض المواسير إلى كمية حرارة عالية جداً

14- يتم الحكم على إكتمال عملية الحرق عندما:-
* يتغير لون خارج المواسير من اللون الاسود (مؤشراً لوجود الفحم) إلى اللون البني (مؤشراً لاكسيد الحديد) .
* تكون نسبة الاكسجين فى الخارج من(18– 20 %).
* تكون نسبة ثانى اكسيد الكربون فى الخارج من(1– 2 %).

15- إستمر فى عملية الإحتراق حتى يتم تحويل كل مواسير منطقة الإشعاع من اللون الأحمر الباهت إلى اللون الأحمر الغامق

16- للتأكد من إزالة الفحم تماماً يتم زيادة نسبة الهواء الى البخار بغلق البخار جزئياً وقد تحتاج إلى زيادة معدل الأشتعال داخل الفرن قليلاً للتأكد من ان درجة الحرارة داخل المواسير أعلى من درجة حرارة الإحتراق للفحم داخل المواسير.

17- بعد التأكد من إحتراق كل الفحم داخل المواسير يتم قطع الهواء وزيادة كمية البخار.

18- يتم النزول بحرارة المواسير بمعدل 100 °م/س بإطفاء بعض اللمبات وتقليل ضغط الغازات.

19- عند إطفاء كل اللمبات وبرودة المواسير يتم كسح المواسير بالماء وبعد ذلك يتم تجفيفها باستخدام الهواء.

20- يتم التأكد من ان جميع بلوف الهواء والبخار والماء مغلقه تماما.

21- يتم وضع الاوجه الصماء على جميع خطوط منظومة إزالة الفحم.

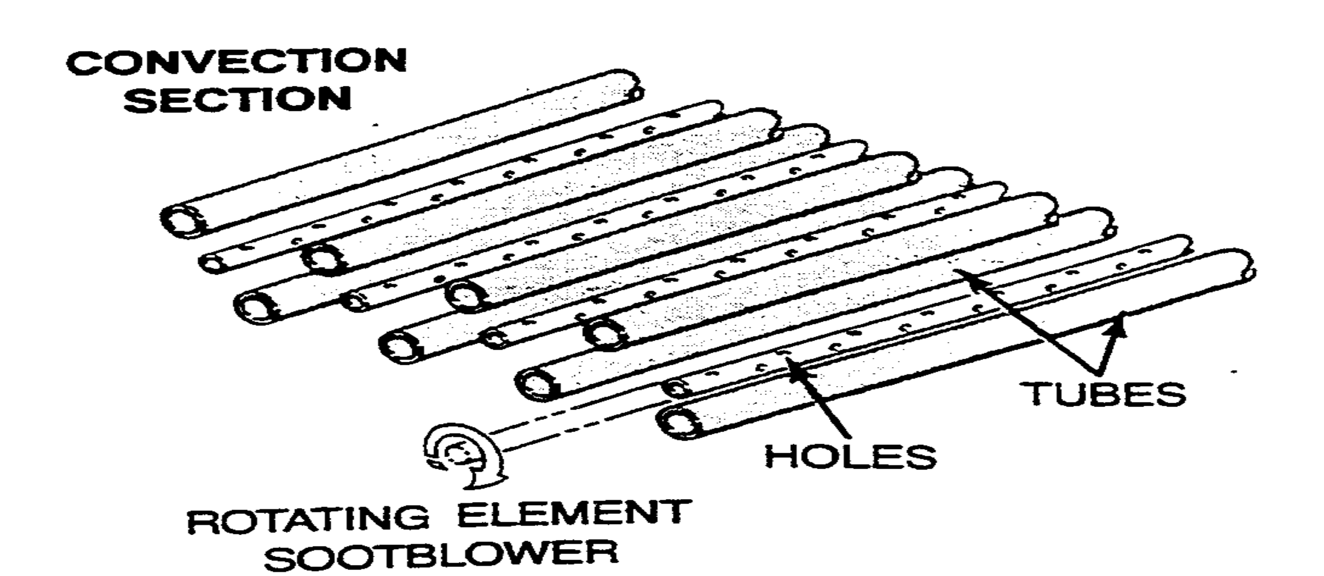
22- يتم إزالة الاوجه الصماء على جميع خطوط التشغيل العادى المتصله بالفرن.

ثالثاً: تنفيض الفحم والغبار من السطح الخارجى للمواسير Soot blowing

وفية يتم تنفيض الدخان من على سطح المواسير باستخدام اجهزة ضخ البخار داخل غرفة الاحتراق ويخرج الغبار مع نواتج الاحتراق من المدخنة ويوجد من هذة الاجهزه انواع كثيرة اشهرها

1- المنفض الدوار Rotating Element Soot blower

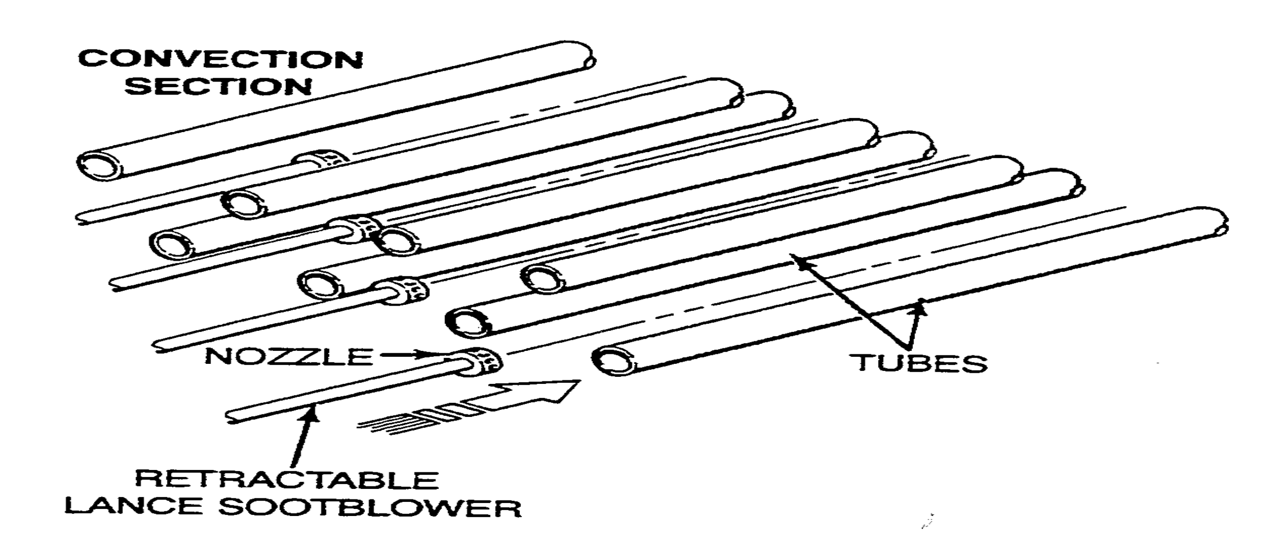
وهو عباره عن ماسوره بها عدة ثقوب تدخل بطريقة دورانية بين مواسير الفرن وتقوم بتنفيض الغبار من على سطح المواسير ويشترط فيها وجود مسافات بين المواسير وبعضها لتتم العملية بكفاءة جيدة.



Rotating Element Soot blower

2- المنفض *Retractable Lance*

وهو عبارة عن منظومة من المواسير الخاصة المنتهية بفتحة صغيرة Nozzle ويكون دخولها وخروجها من الفرن فى مسارات خاصة يتم فيها ضخ كمية من البخار المحمص الى داخل الفرن لتنفيض الغبار من على سطح المواسير ولا يشترط فيها وجود مسافات بين المواسير وبعضها لتتم العملية بكفاءة جيدة.



Retractable Lance Soot blowe

ثالثاً:ألغلايات Boilers

يمكن تعريف الغلاية بأنها منظومة ذات ملحقات تستخدم لتسخين الماء أو لتوليد بخار الماء عند ضغط معين ودرجة حرارة محددة تبعا للاستخدام مع أقل معدل استهلاك للوقود وأعلى كفاءة للغلاية.

وتستخدم الغلاية boiler أساسا في إنتاج البخار أو الماء الساخن.

ولكن قبل الحديث عن الغلايات لابد من معرفه جيده لهذه المنظومه من اركانها الثلاثه الاتيه:

1) المياه Boiler feed water

2) الوقود Fuel

3) الغلايه Boiler (Steam generator)

أولاً : المياه Boiler feed water

تعتبر نوعية المياه عنصراً أساسياً و مؤثراً في كفاءة الغلايات و أنظمة البخار. و تحتوي مصادر المياه المختلفة على شوائب متنوعة مثل الغازات الذائبة، و المواد الصلبة العالقة و الذائبة.

أنواع الشوائب الموجودة في الماء العادي

يكاد لا يخلو أي مصدر للمياه من وجود بعض الشوائب ، والتي تتفاوت نسبتها ونوعها بسبب اختلاف الظروف الجغرافيه والجيولوجية والكيميائية للمصدر أو ما يحيط بمصدر الماء ، ومن أهم هذه الشوائب

المواد العالقة

وهي عبارة عن المواد الصلبة الغير ذائبة في الماء وتعمل هذه المواد على تغير صفات الماء الكيميائية والفيزيائية كما تؤثر بشكل كبير على كفاءة عملية تعقيم الماء ،حيث توفر المواد العالقة الحماية للأحياء الدقيقة من المعقمات ويمكن التخلص من المواد العالقة الموجودة في المياه ، بالترشيح والفلترة أو بالتخثير

المواد الذائبة

وتتكون هذه المواد أساسا من الأملاح وبعض المركبات ا لكيميائية الأخرى وهي تتفكك وتتأين عند ذوبانها في الماء وبالتالي يتعذر فصلها بالترسيب أو الترشيح ويتم فصل المواد الذائبة في الماء بعدة طرق من أهمها طريقة التناضح العكسي وطريقة التبادل الأيوني ، أيضا يمكن فصل الكثير من المواد الذائبة في الماء بإضافة بعض المواد الكيميائية إلى الماء والتي تعمل على فصل وترسيب تلك المواد الذائبة .

المواد المشعة

مما لا شك فيه أن احتواء الماء على بعض العناصر المشعة يعتبر أمرا خطيرا للغاية ، نظرا لما تشكله مثل هذه العناصر من مخاطر هائلة وعواقب وخيمة على صحة الإنسان وحياته ، كما تشكل أيضا خطرا على كافة الكائنات الحية حيث يمكن أن يكون منبع تلك المياه من طبقات صخرية تحتوي ، على بعض المواد المشعة أو يمكن أن تتلوث المياه بالمواد المشعة أثناء جريانها فوق صخور ذات نشاط إشعاعي ويمكن أن تتلوث المياه بالمواد المشعة بسبب بعض الظروف الجيولوجية

الغازات

يمكن أن تحتوي المياه على بعض الغازات الذائبة فيها ، كثاني أكسيد الكربون والذي يتحول إلى حامض الكربونيك ، وغاز كبريتيد الهيدروجين والذي يكسب الماء رائحة كريهة كما تعمل بعض هذه الغازات على إكساب الماء بعض الصفات الحامضية والتي تعمل على تآكل الأنابيب **داخل الغلايات.**

و تعتمد عمليات معالجة المياه إما على إزالة تلك المواد أو تخفيض تركيزاتها إلى المستوى الذي يحد من تأثيراتها السلبية أو على إضافة مواد أخرى للحصول على نفس النتائج. و تهدف معالجة مياه التعويض في الغلايه الى عدة امور اهمها:

1) **منع تكون القشور في الغلاية (scales) و في المعدات الملحقة بها و التي تؤدي إلى انخفاض كفاءتها و حدوث أضرار جسيمة بها.**
2) **الحد من تكون الرغوة و تجنب تلوث البخار بالمواد التي تحتويها مياه الغلاية.**
3) **الحد من تآكل جسم الغلاية بسبب الأكسجين الذائب في مياه التغذية، و تآكل مواسير شبكة البخار بسبب تواجد ثاني أكسيد.**

إن استخدام المياه الخام Raw water مباشرة في الغلاية ينتج عنه تكون القشور الصلبة التي تلتصق بأسطح التسخين . و تتميز هذه القشور بانخفاض توصيلها الحراري مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المعدن فيلين و تحدث به نتوءات و انبعاجات و شقوق عند الضغط المرتفع مما قد يتسبب في نتائج خطيرة و تعتبر أكثر الأجزاء تأثراً بهذه الظاهرة هي أنابيب المياه التي تتعرض للإشعاع الحراري ، أو مواسير الأفران في الغلايات ذات الغلاف الخارجي، حيث تكون معدلات انتقال الحرارة مرتفعة. أما المواسير المعرضة للحرارة بواسطة الحمل الحراري أو التوصيل فإنها تستطيع تحمل سمكاً أكبر من القشور المترسبة قبل توقفها عن العمل. و تقدر الخسارة المباشرة في الحرارة أو في الوقود نتيجة ترسب القشور بـ 2% أو أقل في غلايات مواسير المياه بينما تصل إلى 5 أو 6% في غلايات مواسير اللهب حيث تكون أسطح التسخين أصغر حجماً و تمثل الغازات الذائبة نوعاً آخر من المشكلات إضافة إلى مشكلات ترسب الحمأة والقشور فتتسبب غازات ثاني

أكسيد الكربون و الأكسجين الذائبة و ثاني أكسيد الكربون الذي يتحرر عند تسخين المياه التي تحتوي على البيكربونات في تآكل الموفرات و مكونات الغلاية الأخرى. و حيث أن البخار المتولد يحتوي أيضاً على هذه الغازات الذائبة فإن متكثفاته تؤدي كذلك إلى تآكل المواد المعدنية. و تحت ظروف معينة، قد يحمل البخار المتولد بعض الأملاح و المواد الصلبة العالقة إلى شبكة توزيع البخار والآلات التي تستخدم البخار فتترسب بها تلك الأملاح و المواد الصلبة.

و هناك طريقتين أساسيتين في معالجة المياه:

أ- المعالجة الخارجية **External water treatment**

ب- المعالجة الداخلية **Internal water treatment**

اولا : المعالجة الخارجية للمياه:

تعتمد هذه الطريقة على إزالة الشوائب الموجودة في المياه أو تخفيض تركيزاتها قبل دخولها إلى الغلاية. و تستخدم هذه الطريقة في حالة ارتفاع نسبة بعض الشوائب في المياه إلى الحد الذي لا يستطيع معه نظام الغلاية التعامل معها. و أكثر الطرق شيوعاً في المعالجة الخارجية للمياه هي التبادل الآيوني (ion exchange) و نزع الغازات من المياه (de-aeration) و نزع المعادن (demineralization).

وتتضمن المعالجة الخارجية للمياه:

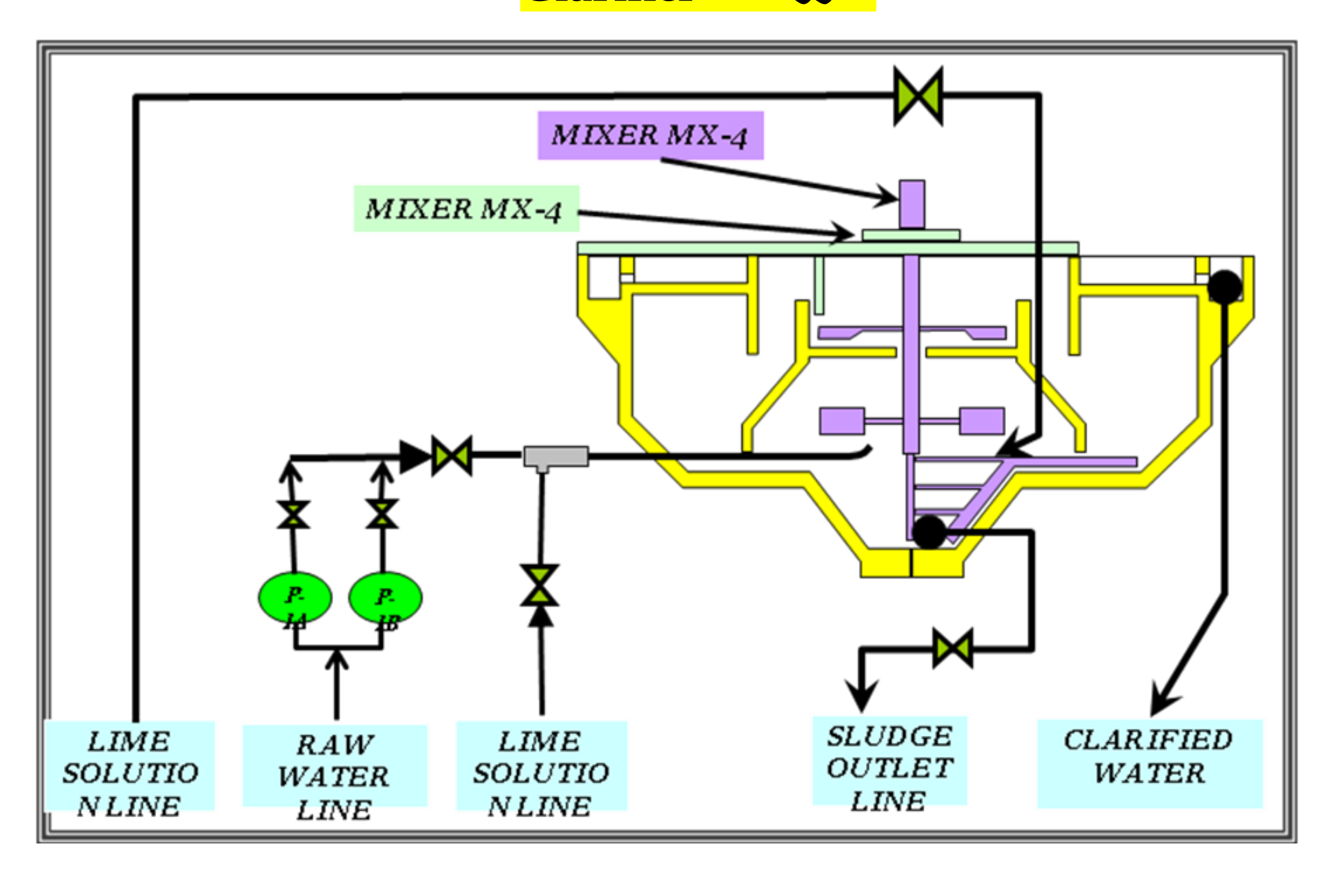
أ) الترويق والترشيح Clarifier& Filtration

حيث تتم إزالة المواد الصلبة العالقة من المياه الخام فيما يسمى بالمروقات Clarifiers باستخدام المخثرات (coagulants) وهى مواد تقوم بتجميع الجزيئات الصغيره العالقة فى الماء الى جزيئات كبيرة يسهل ***ترسيبها وتستخدم فى عمليات الترويق العديد من المواد الكيميائية التى تختلف من حيث الكفاءة وكذلك من ناحية التكاليف. ويعتبر الجير من أكثر المواد المستخدمة في التعادل وذلك لسعره المنخفض، ولكنه كثيرا ما يكون الجير الصلب بطيئا في التفاعل فيكون رواسب غير قابلة للذوبان مثل كبريتات الكالسيوم كما يمكن استخدام الجيرالحى (بيكربونات الكالسيوم) فى المروقات لمعالجة عسر الماء المؤقت . أما بالنسبة لكربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم والأمونيا فهذه المواد مع أنها أعلى تكلفة ولكنها تتفاعل سريعا مع الأحماض مقارنة بالجير وهي أيضا شديدة الذوبان فى الماء لذلك فإن عملية التداول والتغذية تكون مناسبة وخاصة بالمعدات التى تعمل أوتوماتيكي ومن هذه المواد كبريتات الالومنيوم (الشبه) والبولى إلكتروليت كما يمكن اضافة القليل من غاز الكلور لقتل الجراسيم والبكتريا الموجودة فى الماء الخام***

كما هو موضح فى المعادلات

a)	$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2$	$\longrightarrow$	$2\,CaCO_3 + 2H_2O$
b)	$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2$	$\longrightarrow$	$MgCO_3 + CaCO_3 + 2H_2O$
c)	$MgCO_3 + Ca(OH)_2$	$\longrightarrow$	$Mg(OH)_2 + CaCO_3$
d)	$CO_2 + Ca(OH)_2$	$\longrightarrow$	$CaCO_3 + H_2O$

Clarifier المروقات



وبعد المعالجة فى المروقات يتم المعالجة عن طريق الترشيح فى اماكن الترشيح ويجد منها انواع عديده منها:

1. مرشحات الرمل Sand filters

ويستخدم الحصى المجروش، ورمل الكوارتز والأنتراسيت.. إلخ مواد ترشيح. وتفصل الجسيمات العضوية الدقيقة ـ التي تسبب تلوث أسطح التبادل الحراري، *ويستخدم هذا النوع من المرشحات*

بتوسع فى عمليات معالجة المياه وذلك لإزالة كل من المواد العالقة العضوية والغير عضوية. ويمكن لهذه المرشحات أن تعمل إما بالجاذبية الأرضية أو بالضغط وكلاهما يستعمل فى الصناعة.

2. مرشحات الفحم الصناعى Anthracitic coke

وهى من أكثر هذه المرشحات استعمالا فى الصناعة وهذة المرشحات ثنائية أو ثلاثية الوسط، حيث تتكون المرشحات ثنائية الوسط من طبقة من الرمل قطره 0,5 مم تعلوها طبقة من فحم الانتراسيت (Anthracite) بقطر 0,9 مم، بينما تحتوى المرشحات ثلاثية الوسط على طبقة من حجر السيلان (garnet) ذو قطر يتراوح من 30-40 مم أسفل طبقة الرمل. ويمكن للمرشحات أن تستخدم أنواع مختلفة من الطبقات وبأقطار فعالة مختلفة ويتم حجز المواد الصلبة بواسطة الطبقات المختلفة مما يوجب إزالتها بالكشط وبالغسيل العكسى Back wash

3. مرشحات الفحم الطبيعى activated coke

وتستخدم هذه الطريقة لإزالة أنواع معينة من الملوثات العضوية والتى لم يمكن إزالتها باستخدام طرق المعالجة الأولية والثانوية وتشمل المركبات العضوية السامة والملوثات المقاومة للمعالجة البيولوجية.كما تستخدم أعمدة الكربون فى إزالة المركبات العضوية المتطايره حيث أن هذه المركبات يمكن امتزازها بسهولة على سطح الكربون.

وتقوم بعض الشركات التى تستخدم هذه الطريقة بإعادة تنشيط الكربون المستخدم فى مصانعها وهى عملية مكلفة إذا كانت كمية المياه قليلة، ويمكن التخلص من الكربون المستعمل ولكن بطريقة سليمة حيث أنه يصنف كمخلف خطر مما يرفع من تكلفة التخلص.
وتتم عملية تنشيط الكربون بتمرير تيار من البخار خلاله أو عن طريق تسخينه فى أفران، وينتج عن كلتا الحالتين تيار من المركبات العضوية المتطايرة وبالتالى يجب التخلص منها بطريقة صحيحة. وفى الغالب يتم تكثيف البخار وإما حرقة فى أفران أو إرساله إلى مدفن المخلفات الخطرة.
ويمكن تنشيط الكربون النشط باستخدام البخار، أو التسخين، أو الغسيل بمذيب أو حمض أو صودا، أو باستخدام منشط مؤكسد رطب ويمكن ترتيب المركبات من حيث قابليتها للامتزاز بواسطة الكربون كالآتي:

1) الأحماض العضوية
2) الألديهيد
3) الإسترات
4) الكيتونات
5) الكحوليات
6) الجليكول

4) الفصل باستخدام الأغشية (Membranes)

وتستخدم هذه التقنية لإزالة الجزيئات الصغيرة جداً ولتحلية المياه، وقد تم مؤخراً تطوير هذه العملية لتتمكن من إزالة المواد العضوية مثل الزيوت والمواد الأخرى التى كانت تسبب إنسدادات وتدمير للأغشية فى السابق وتصنع هذه الأغشية من مواد مختلفة كلها ذات أحجام مسامية متماثلة تسمح بمرور الجزيئات ذات الأحجام الأصغر وتحجز الجزيئات الأكبر.

ويمكن اعتبار الأغشية كمرشحات تعمل كعائق طبيعى ذو حجم مسامى محدد ومعروف

5) الترشيح الغشائى (Ultra Filtration)

تعتمد طريقة الترشيح الغشائى على استخدام الأغشية فى عملية الترشيح، وغالباً ما تكون الجزيئات المفصولة ذات وزن جزيئى صغير ويكون الداخل للمرشح هو المياة المرشحة سابقاً والخارج المخفف هو المياه المرشحة والخارج المركز هو المواد الصلبة المركزة ويجب أن يسبق عملية الترشيح الغشائى عملية ترشيح تقليدية وذلك لمنع انسداد الأغشية. ويتم تنظيف وغسيل الأغشية بطريقة دورية حيث يمكن تكوين طبقة هلامية على الأغشية تعوق عملية السريان هذا ويوجد ثلاث أنواع من الأغشية وهى الأغشية ذات الطور الانعكاس والغشاء track-etched والغشاء Anopore inorganic.

ويوجد نوع متطور من الترشيح الغشائي والذى يستخدم فيها الغسيل بالهواء قبل الغسيل بالماء ولذلك فنادراً ما يحدث انسدادات فى هذا النوع والذى يستخدم فى المعالجة الثلاثية لمياه الصرف ويمكن وضعه كبديل للمروق لإزالة العكارة بكفاءة عالية.

6) التناضح العكسى (Reverse Osmosis)

لقد تم فى الآونة الأخيرة إجراء العديد من التطوير على الأغشية بجعلها أرفع وذلك لتقليل مقاومة السريان إلى أدنى حد وتستخدم هذه الطريقة فى الصناعة ويوجد فى الأسواق ثلاث أنواع من الأغشية وهى:

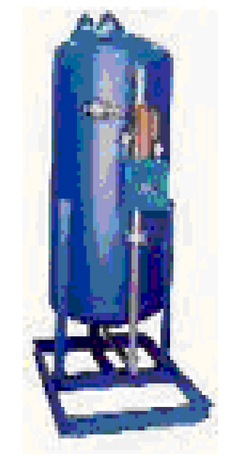
- نظام الأغشية الأنبوبية (Tubular Membrane System)
- نظام الأغشية الحلزونية (Spiral Wound Membrane System)
- نظام الأغشية النسيجية المجوفة (Hollow Fine Fiber System)

ويمكن استخدام هذه الطريقة لتركيز المعادن الثقيلة والأملاح لاسترجاعها، كما تستخدم كمعالجة تمهيدية قبل وحدة التبادل الأيونى وذلك لزيادة كفاءتها.

ب) التبادل الآيوني Ion Exchange

يهدف التبادل الآيوني إلى خفض درجة عسر المياه Water hardness ، أو الى تيسير المياه.
فالأملاح الذائبة في المياه تتحلل إلى أيونات تحمل شحنات موجبة أو سالبة و لها درجات مختلفة من الحركة و تتضمن الأيونات الموجبة الكاتيونات (cat ions) أيونات المعادن و الهيدروجين. أما الأيونات السالبه أنيونا (Anions) فلها العديد من التفاعلات الكيميائية، فمثلا عمليات الترسيب، تعتمد في الأساس على التفاعل بين الأيونات المختلفة في المحاليل. و عند تمرير المياه على بعض المواد الصلبة تتبادل هذه المواد آيوناتها مع آيونات المواد الصلبة (الاملاح)الذائبة في المياه. و قد تم رصد ظاهرة التبادل الآيوني أولاً في بعض المعادن الزيوليت (zeolites)و خاصة سليكات صوديوم الألومنيوم . (sodium aluminum silicates) و عند تخلل المياه الخام لطبقة متدرجة من الزيوليتات يتم إحلال أيونات الصوديوم محل أيونات الكالسيوم و الماغنسيوم و بالتالي تنخفض درجة عسر المياه. و بمرور الوقت تستنفذ أيونات الصوديوم في الزيوليت و تتحول الطبقة إلى زيوليت الكالسيوم و الماغنسيوم. و من الممكن استعادة طبقة زيوليت الصوديوم عن طريق المعالجة بمحلول قوي من كلوريد الصوديوم . (brine – NaCl) .

إن الزيوليت التخليقي يعد أكثر كفاءة في تيسير المياه عن المعادن الطبيعية. أما المواد الراتينجية (الراتنجات resins) فتتفوق على الزيوليت في تيسير المياه. و الراتنجات المصنوعة بتكثيف الفينولات و الفورمالدهيد تتميز بقدرة فائقة على التبادل الأيوني .و قد تم تطوير أنواع حديثة من الراتنجات و بنفس الخصائص مثل البوليستيرين (polystyrene) و الراتنجات الكربوكسيلية (carboxylic resins) و تعمل هذه الميسرات بكفاءة أعلى في المياه النظيفة، حيث تتم إزالة المواد الصلبة العالقة من المياه الخام عن طريق الترشيح فى اماكن الترشيح او ما يسمى بالمروقات Clarifiers باستخدام المخثرات (coagulants) وهى مواد تقوم بتجميع الجزيئات الصغيره العالقة فى الماء الى جزيئات كبيرة يسهل ترسيبها ، و إلا فإنها سوف تسد مسام مادة التبادل و تقلل من كفاءتها. و تتعرض الميسرات أيضاً إلى أضرار بسبب الاحتكاك بالمواد الدقيقة المحمولة في تيار الماء، لذلك يصبح من الضروري إضافة كميات جديدة من المادة المبادلة سنويا لاستعادة كفاءة الميسرات . و تختلف الأضرار التي تحدث للميسرات وفقاً لظروف التشغيل



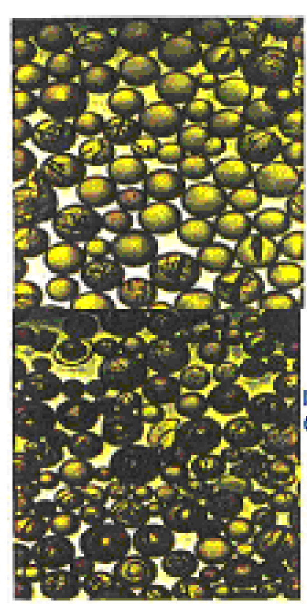
Simplex Softener



Duplex Softener



Triplex Softener



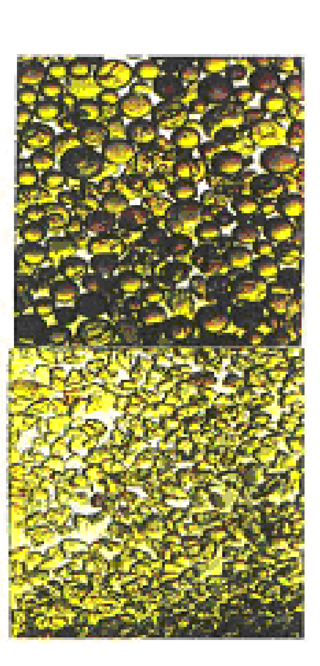
Normal

Iron & Organic

Softener Resin

Iron Deposition

Fines



ج) ترسيب المعادن (Demineralization)

وتعتبر هذه العمليه احدى اهم طرق معالجة المياة حيث نحصل منها على نوعية خاصة من المياه المعالجة تصل فيها نسبة الاملاح الذائبه الى الصفر غالباً وهذه النوعية من الماء لا غنى عنها فى مولدات البخار ذات الضغوط المرتفعة High pressure steam generators وتعتمد أساليب نزع المعادن على تمرير المياه خلال مبادلات للأيونات الموجبة و السالبة. ففي عمليات التبادل الكاتيوني (cat ion exchange)تحل أيونات الهيدروجين محل كافة الأيونات الموجبة (Na , Mg , ...)، أما في عمليات التبادل الأنيوني (anion exchange)فيحل الهيدروكسيد محل كافة الأيونات السالبة (Cl ,SO2,.....) . و ينتج بالتالي عن هذه العمليات مياه تتكون أساساً من أيونات الهيدروجين و أيونات الهيدروكسيد وهناك طرق متعددة لترسيب المعادن. ففي عملية تمرير المياه على طبقة مبادلات مختلطة (mixed-bed process) يتم خلط مبادلات الأيونات الموجبة ومبادلات الأيونات السالبة في وحدة واحدة. أما في النظام متعدد الطبقات لنزع المعادن فيتم تمرير المياه خلال مجموعات متنوعة من مبادلات الأيونات الموجبة، ومبادلات الأيونات السالبة الضعيفة و القوية و أنظمة نزع الغازات .

وتبين المعادلات الاتية كيف يتعامل الكتيون مع الشق الوجب من الاملاح فى الماء

- $2R\text{-}H + Ca^{++} \longrightarrow 2R\text{-}Ca + 2H^{++}$
- $2R\text{-}H + Mg^{++} \longrightarrow 2R\text{-}Mg + 2H^{++}$
- $R\text{-}H + Na^{+} \longrightarrow 2R\text{-}Na + 2H^{++}$

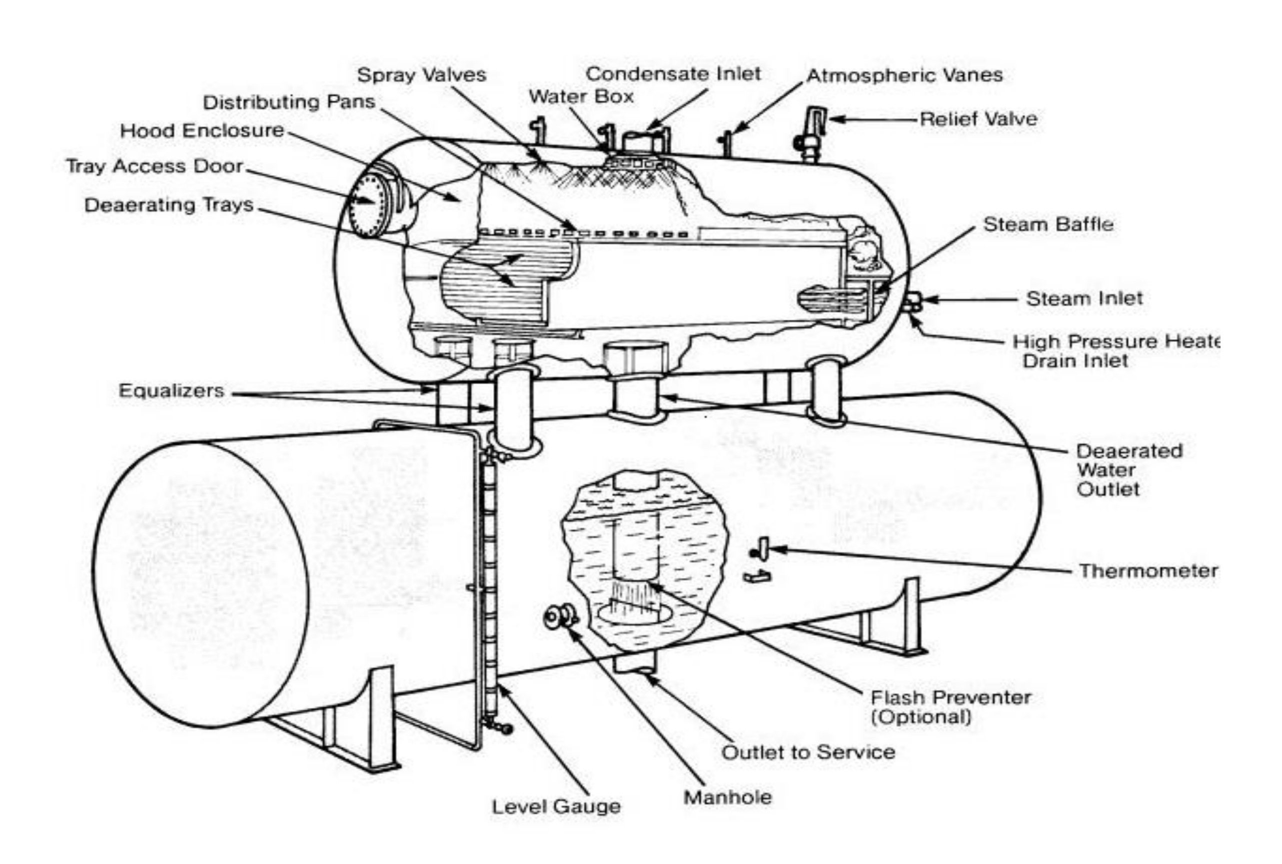
وتبين المعادلات الاتية كيف يتعامل الانيون مع الشق السالب من الاملاح فى الماء

- $R\text{-}OH + Cl^{-} \longrightarrow R\text{-}Cl + OH^{-}$
- $2R\text{-}OH + SO_4^{-} \longrightarrow 2R\text{-}SO_4^{-} + 2OH^{-}$
- $R\text{-}OH + HCO_3^{-} \longrightarrow R\text{-}HCO_3 + OH^{-}$
- $R\text{-}OH + SiO_3^{-} \longrightarrow R\text{-}HSiO_3 + OH^{-}$

د) نزع الهواء (de aeration)

تتم خلال هذه العملية إزالة الأكسجين الذائب فى المياه عن طريق التسخين فقابلية الأكسجين للذوبان في المياه تنخفض بارتفاع درجات الحرارة. و بذلك يمكن التخلص من الأكسجين في المياه برفع درجة حرارتها إلى درجة الغليان عند مستوى ضغط التشغيل . (operating pressure) و هناك تصميمات خاصة بالضغط و التفريغ تستخدم لهذا الغرض. في أنظمة نزع الهواء التي تعتمد على الضغط يتم ضخ البخار الساخن في المياه لإزالة الأكسجين و رفع درجة حرارة مياه تغذية الغلاية في نفس الوقت. أما وحدات التفريغ فتستخدم في الحالات التي لا تتضمن تسخيناً للمياه.

و تقوم معدات نزع الهواء البخارية (steam de aerators) بنشر المياه على شكل رذاذ أو غشاء رقيق جداً يدفع من خلالة البخار لطرد الغازات الذائبة مثل الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون. و يمكن بهذه الطريقة خفض محتوى المياه من الأكسجين إلى أدنى من 0.005 سم3/لتر ، أي عند الحد الذي يسمح بالكشف عن محتوى الأكسجين في العينات بالوسائل الكيميائية و يعكس ارتفاع الأس الهيدروجيني PH للمياه كفاءة نظام نزع الغاز، حيث يؤدي التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذائب إلى ارتفاع الأس الهيدروجيني للمياه



نازع الهواء (de aeration)



ثانياً : المعالجة الداخلية للمياه:

تعتمد المعالجة الداخلية على التخلص من الشوائب الموجودة بالمياه في داخل الغلاية. و تتم المعالجة إما في خطوط مياه التغذية أو داخل الغلاية نفسها. و من الممكن الاعتماد فقط على المعالجة الداخلية للمياه كما يمكن الجمع بين المعالجة الداخلية و الخارجية. و يصمم نظام المعالجة الداخلية للمياه للتغلب على مشكلات عسر مياه التغذية، و التحكم في التآكل، والتخلص من الأكسجين الذائب، و الحد من الجسيمات المحمولة مع تيار المياه . و من خلال هذا النظام يتم التخلص من العسر القلوي للمياه الخام و ترسيب الأملاح المسببة للعسر عن طريق التسخين. أما العسر المستديم فيتم ترسيبه في الغلاية عن طريق إضافة بعض القلويات مثل كربونات الصوديوم و الصودا الكاوية، و فوسفاتات الصوديوم. و نظراً لارتفاع أسعار هذه المواد فإن استخدامها يقتصر على الحالات التي تكون فيها المياه الداخلة ذات نوعية رديئة. إلا أنه في نظم الغلايات التي تعمل عند مستويات ضغط جوي أعلى من 14 بار، أو في حالات العسر المنخفض لمياه التغذية فإن استخدام هذه المواد يكون ضروريا وفيما يلى سنقوم بدراسة مختصرة لبعض المواد التى تستخدم فى المعالجه الداخليه لمياه تغذية الغلايات (conditioning of boiler feed water)

يتضمن تلطيف مياه تغذية الغلاية إضافة بعض المواد الكيميائية التي تضاعفت أعدادها و أنواعها

خلال السنوات العشرين الماضية.

(1) **كربونات الصوديوم**: تستخدم في الغلايات التي تعمل عند مستوى ضغط أقل من 14 بار لمنع تكون القشور و لزيادة قلوية مياه التغذية مما يحد من التآكل. و توفر بعض عمليات المعالجة الخارجية التي تستخدم فيها كربونات الصوديوم قدراً مناسباً من هذه المادة في مياه التعويض المعالجة.

(2) **الصودا الكاوية** : يمكن أن تحل محل كربونات الصوديوم في غلايات الضغط المنخفض ، ويمكن الاستغناء عنها إذا ما وفرت المعالجة الخارجية درجة مناسبة من يسر المياه.

(3) **الفوسفاتات** : تستخدم جميع أنواعها لمنع تكون القشور في الغلايات التي تعمل عند مستوى ضغط أعلى من 14 بار. وتعمل الفوسفاتات الزجاجية (glassy phosphates) على خفض ترسيب كربونات الكالسيوم في خطوط التغذية بالمياه الساخنة. و يمكن استخدام كل من الفوسفاتات الحمضية و الزجاجية للتخلص من الصودا الكاوية الزائدة الناتجة عن المعالجة الخارجية للمياه كما يستخدم لرفع قيمة الـ PH .

$$3CaCO_3 + 2Na_3\,PO_4 = Ca\,(PO_4)_2 + 3Na_2\,CO_3$$
$$3Mg\,(OH)_2 + 2Na_3\,PO_4 = Mg_3\,(PO_4)_2 + 6\,Na\,OH$$

(4) **مضادات الرغوة** : (Anti-foams) تستخدم لمنع تكون الرغوة في الغلاية، وهى قلية الاستخدام فى غلايات الضغوط العالية.

(5) **الأمينات المعادلة** : (neutralizing amines) تستخدم لمعادلة ثاني أكسيد الكربون في متكثفات البخار و في خطوط التغذية، و بالتالي للحد من التآكل. و يعتبر استخدامها غير اقتصادي في أنظمة الغلايات التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه التعويضية الغير معالجة. كما أنها لا تناسب تلك الأنظمة التي تتضمن تلامساً مباشراً بين البخار و المنتجات الغذائية أو المشروبات أو المنتجات الطبية.

(6) **كبريتيت الصوديوم**: (sodium sulfite) يستخدم للتخلص من الأكسجين الذائب في المياه و بالتالي للحد من التآكل. يتفاعل كبريتيت الصوديوم المركب (compounded sodium sulfite) بسرعة أكبر بـ 200 - 500 مرة من سرعة تفاعل كبريتيت الصوديوم الغير مركب (uncompounded sodium sulfite) مما يتيح حماية أكبر لأنظمة التغذية القصيرة. يضاف كبريتيت الصوديوم للغلايات المملوءة بالمياه عندما تكون في حالة توقف عن العمل أو في حالة جاهزة للاستخدام (stand-by) .

(7) **الهيدرازين** : (hydrazine) يستخدم للتخلص من الأكسجين الذائب في المياه و بالتالي للحد من التآكل، و يمتاز بأنه لا يزيد من نسبة المواد الصلبة الذائبة، و يتفاعل الهيدرازين عند درجات حرارة أقل من 245 C ، و لا يستخدم في الأنظمة التي تتضمن تلامساً مباشراً بين البخار و المواد الغذائية أو

المشروبات لانه من المواد السامه جداً .

(8) نترات الصوديوم : تستخدم أيضاً لتجنب التصدعات التي قد تحدث بسبب استخدام مواد كاوية .

(9) مزيلات الحمأة : (sludge mobilizes) تستخدم بعض المواد العضوية الطبيعية أو التخليقية لمنع التصاق الحمأة بالجسم المعدني للغلاية ، غير أن بعض هذه المواد يستخدم عند درجات حرارة محددة، لذلك ينبغي اتباع إرشادات الموزعين بدقة عند استخدام هذه المواد .

(10) التفوير (Blowdown)

يعتبر تفوير الغلاية جزءاً هاماً من نظام معالجة مياه الغلايـة و يتطلـب متابعة دقيقـة ومستمرة لضمان التحكم الجيد. و يسمح تفوير الغلاية بالتخلص من الطين و الحمـأة والشوائب الأخرى التـي قد تترسب بالجزء السفلى من أسطوانة الغلاية. و فيما يلي عرضاً لأنظمة تفوير الغلايات و أساليب التحكم فيها. و ينبغي أولاً معرفة كيفية تقدير كمية مياه التفوير التي يمكن حسابها كنسبة من البخر وفق المعادلة التالية:

$$\% \text{ مياه التفوير} = \frac{B_f}{B_f - B_b} \times 100\%$$

حيث B_f = المواد الصلبة الكلية الذائبة في مياه التغذية (جزء في المليون أو مج/لتر)

B_b = الحد الأقصى للمواد الصلبة الكلية الذائبة المسموح به في مياه الغلاية (جزء في المليون أو مج/لتر)

مثال: المواصفات النمطية للغلايات الجاهزة (package boilers) قد تتضمن البيانات التالية:

B_b = 3000 جزء في المليون

B_f = 100 جزء في المليون

و بالتالي: % مياه التفوير = $\frac{100}{3000 - 100} \times 100\% = 3.45\%$ من كمية البخار المتولد.

التفوير المتقطع و التفوير المستمر:

يمكن تفوير الغلاية بشكل متقطع حيث يتم صرف مياه التفوير من قاع اسطوانة الغلاية للتخلص من الحمأة المترسبة. عادة ما يتم التفوير المتقطع بشكل يدوي مرة واحدة لكل دفعة مياه (drift) و على

شكل نفخات أو ضخات متتالية (blasts) حادة و قصيرة. و يتم تقدير كمية مياه التفوير المنصرفة بمراقبة انخفاض مستوى الحمأة في المقياس الزجاجي على جسم الغلاية، أو عن طريق تحديد زمن التفوير. و تتبع هذه الطريقة في الغلايات التقليدية ذات الغلاف الجداري (shell boilers).

كما يمكن تفوير الغلاية على شكل نزف مستمر (continuous bleed) من مصدر يقع بالقرب من المستوى الأسمى للمياه (nominal water level) . عند الغليان يرتفع تركيز المواد الصلبة عند سطح المياه لذلك فإن تفوير الجزء العلوي من الغلاية يسمح بخفض تركيز المواد الصلبة.

و وفقاً للقياس الدوري (في مواعيد محددة) للمواد الصلبة الذائبة والكلية يمكن التحكم في فتح صمام النزف (bleed valve) لصرف الجزء العلوي من المياه بشكل مستمر. و يتم التحكم في فتح صمام النزف في مواعيد ثابتة بإشارات كهربية دورية مرتبطة بمواعيد محددة أو ببعض خصائص مياه الغلاية مثل التوصيلية الكهربية (electrical conductivity). و تتوافر في الأسواق أنواع من الغلايات ذات التحكم الأوتوماتيكي في المواد الصلبة الذائبة الكلية.

وفي طرق التفوير الحديثة يتم الاعتماد على التفوير المتقطع للتخلص من المواد الصلبة العالقة التي تترسب في قاع الغلاية، إلى جانب التفوير المستمر للتحكم في المواد الصلبة الذائبة الكلية . و ينبغي القيام بدورات التفوير المتقطع في فترات الأحمال البسيطة بحيث لا يسمح بتراكم الحمأة للحد الذي يعيق الانتقال الحراري مما يؤدي إلى حدوث أضرار جسيمة بالغلاية.

التحكم في التفوير:

في الأنظمة البسيطة ذات التحكم اليدوي، يتم ضبط صمام التفوير يدوياً للتحكم في كمية مياه التفوير بحيث يمكن الاحتفاظ بتركيز المواد الصلبة الذائبة تحت الحد الأقصى المسموح به بمواصفات الغلاية. و تستلزم هذه الطريقة أخذ عينات من المياه و تحليلها بشكل مستمر و التحكم في عملية التفوير حتى الوصول بخصائص مياه الغلاية إلى المستوى المطلوب.

وبعد هذا الحديث المختصر عن طرق معالجة المياة لابد من تعريف بعض المصطلاحات العلميه Terminology التى تم ذكرها سابقاً ومنها :

1) الحامضيه Acidity

وهو مصطلح يعبر عن تركيز ايونات الهيدروجين (H+) فى الماء

2) القاعدية Alkalinity

وهو مصطلح يعبر عن تركيز ايونات الهيدروكسيل (OH-) والكربونات والبيكربونات فى الماء

3) الكاتيون و الأنيون Cat-Ions & An- ions

وهو مصطلح يعبر عن الشق الموجب والسالب للاملاح الذائبة فى الماء حيث يعبر الكاتيون عن الشق الموجب مثل (......,Na^+,Mg^+,Ca^+) بينما يعبر الانيون عن الشق السالب مثل (.....,Cl^-,CO_3^-,SO_3^-).

4) العسر Hardness

تعريف عسر المياه: هي المياه التي تحتوي على كميات من أملاح الكالسيوم أو الماغنسيوم أو كليهما معا. وللعسر نوعان هما:

** أنواع عسر المياه:*

1. العسر المؤقت (عسر الكربونات). Temporary Hardness

2. العسر الدائم (عسر الكبريتات) Permanent Hardness

** العسر المؤقت:*

ويحدد بمحتويات المياه من كربونات وبيكربونات الكالسيوم أو الماغنسيوم وهذه الأملاح يقل ذوبانها بارتفاع درجة الحرارة حيث تتحلل وتنفصل عن الماء عند درجة حرارة أقل من 82C على شكل ريم أو فقاقيع تترسب دائما على أسطح التبخير. وقد تتحلل هذه الأملاح بالحرارة فتنتج غاز ثاني أكسيد الكربون الذي قد يهاجم أسطح التسخين داخل الغلاية ويسبب التآكلات (Chemical Corrosion).

** العسر الدائم:*

يحدد بمحتويات المياه من كبريتات – كلوريدات – سيليكات وجميع المركبات الأخرى للكالسيوم والماغنسيوم. وهذه الأملاح لا تتحلل أثناء عملة التسخين أو الغليان أ, التبخير ولكن ذوبانها يقل إلى درجة كبيرة بارتفاع درجة الحرارة إلى أن تنفصل مكونة رواسب صلبة على أسطح التسخين.

5) الاس الهيدروجينى PH

وهو مصطلح يعبر عن مدى حامضية الماء وقلويتها وتكون قيمتة ما بين 14 ⟵ 0

ويكون الوسط حامضى اذا كان PH < 7 اما اذا كان PH > 7 فإن السط يكون قاعدى .

6) مجموع الشوائب العالقة Total susspended soilds(TSS)

وهو مصطلح يعبر عن محتوى الماء من الشوائب العالقة ويمكن قياسه باجهزة قياس العكاره Turbidity

7) مجموع الاملاح الذائبه Totals dissolved soilds(TDS)

وهو مصطلح يعبر عن محتوى الماء من الاملاح الذائبه

ثانياً : الوقود Fuel

نوع الوقود

تعتبر عملية الاحتراق نوعاً خاصاً من الأكسدة يتحد خلالها الأكسجين الجوي بعناصر الوقود. و تختلف التأثيرات البيئية لعملية الاحتراق تبعاً لنوع الوقود المستخدم . و هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الوقود التجاري التي تستخدم في الغلايات :

- الوقود الثقيل (المازوت) Fuel oil
- الوقود الخفيف (السولار) Diesel
- الغاز الطبيعي Natural Gas

كما تستخدم أنواع أخرى من الوقود بكميات ليست كبيرة:

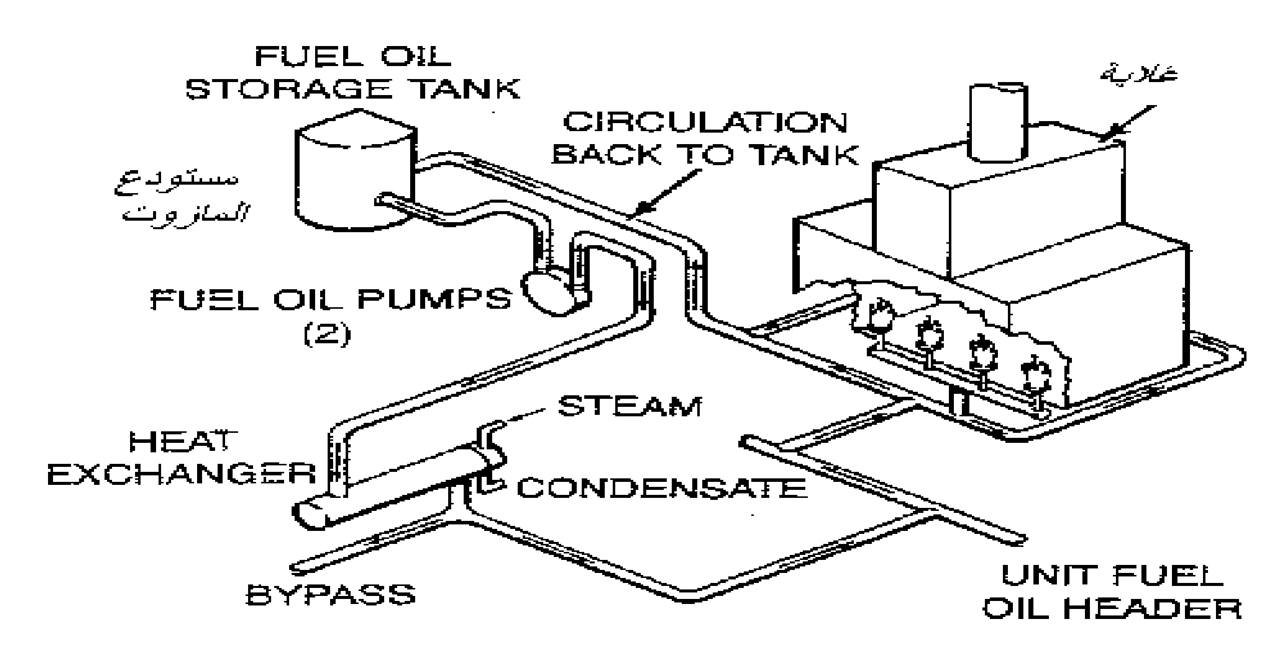
- الكيروسين .
- الغاز البترولي المسيل .
- الوقود الحيوى (biogases) و المخلفات الزراعية .

و ترتبط الملوثات الناتجة عن عمليات الاحتراق و المنبعثة إلى الهواء مباشرة بنوعية الوقود المستخدم .

أولاً: المازوت Fuel oil

المازوت من مشتقات البترول و لونه بني مائل للسواد و يتكون من متبقيات عمليات تقطير الزيت الخام الأسفلتي، و كثافته النسبية حوالي 0.95 . و المازوت سائل شديد اللزوجة في الظروف الجوية الطبيعية، لذلك يلزم تسخينه قبل استخدامه في عمليات الاحتراق. و تعتبر درجة اللزوجة 24 ستوك (وحدة اللزوجة الحركية = Stoke) عند فونية Tip الموقد هي درجة لزوجة مناسبة لتذرير المازوت (atomization) . و لتخزين و تداول المازوت فإن الحد الأدنى لنقطة الوميض (درجة اشتعال البخار = Flash point) هو 66°م .

و قد يصل محتوى الكبريت في المازوت إلى 3 –3.5% بالكتلة و يعتبر عاملاً مؤثراً في حدوث التآكل . و يصل الحد الأقصى للمحتوى المائي في المازوت إلى 0.25% ، أما محتوى المواد المعدنية في المازوت فيظهر كرماد ناتج عن عملية الاحتراق، و قد يحتوي الرماد على مواد خطرة، لذلك تم تحديد نسبة 0.25% كحد أقصى لمحتوى الرماد في الوقود . و يستخدم المازوت عادة في عمليات التسخين في الأفران و في الغلايات لتوليد البخار. و يعد المازوت أفضل أنواع الوقود البترولية للاستخدام في الأفران بسبب محتواه الحرارى و قدرته الضيائية (luminosity) .



نظام إعداد مازوت الحريق

ثانياً السولار Diesel

السولار من مشتقات البترول لونه أصفر داكن و يتكون من نواتج التقطير و بعض المتبقيات ، كثافته النسبية حوالي 0.87 . و يستخدم السولار في ماكينات الديزل الضخمة التي تعمل في وحدات توليد الكهرباء والمحركات البحرية و الثابتة و التي تعمل عند سرعات دورانية (rotational speeds) منخفضة نسبياً و لا تحتاج إلى نوعيات خاصة من الوقود . كما يستخدم السولار أيضاً كوقود لمواقد التسخين في الصناعة، و في غلايات توليد البخار و المياه الساخنة و في عمليات التجفيف . و درجة اللزوجة القصوى للسولار هي 12.5 ستوك عند درجة ْ80م ، و درجة الحرارة الدنيا للتداول الآمن حوالي ْ10م، و قد تم حديثاً تخفيض نقطة الوميض للسولار إلى ْ60م . ويصل محتوى الكبريت في السولار المصري إلى (1-1.2)% وزناًُ.

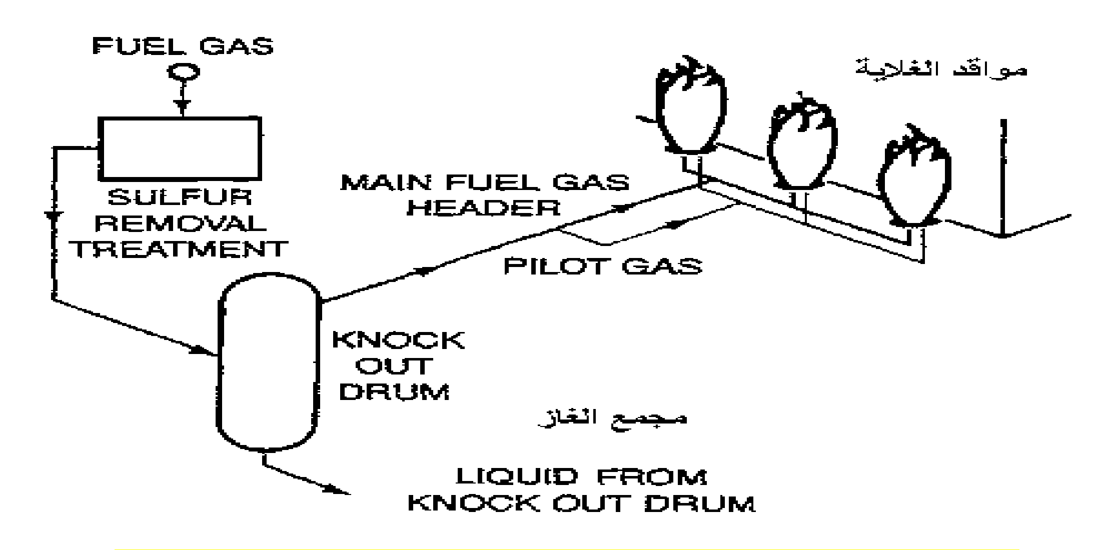
ثالثاً : الغاز الطبيعي Natural gas

يتكون الغاز الطبيعي أساساً من غاز الميثان (methane) و نسب مختلفة من غاز الإيثان (ethane) ، غاز الهبتان (heptane) بالإضافة لبعض آثار ثاني أكسيد الكربون و كبريتيد الهيدروجين (H_2S) والنيتروجين (N_2). و يصل تركيز كبريتيد الهيدروجين في الغاز الطبيعي إلى 0.2% حجماً

رابعاً : الغازات البترولية المسيلة LPG

يعتبر البيوتان و البروبان التجاري (butane and propane) من المنتجات الثانوية لعملية تكرير البترول . و تتكون الغازات البترولية من خليط بنسب متفاوتة من هذين الغازين. و كل من البيوتان و

البروبان له قيمة كبيرة في التسخين و يمكن تحويله إلى غاز بترولي مسيل بسهولة عند ضغط منخفض. و يعرف الغاز البترولي المسيل بغاز معامل التكرير (refinery gas). و يعبأ الغاز البترولي المسيل في أسطوانات واسعة الاستخدام وعند تبخر الغاز تصل نسبة البخارالى السائل حجماً إلى 250 : 1



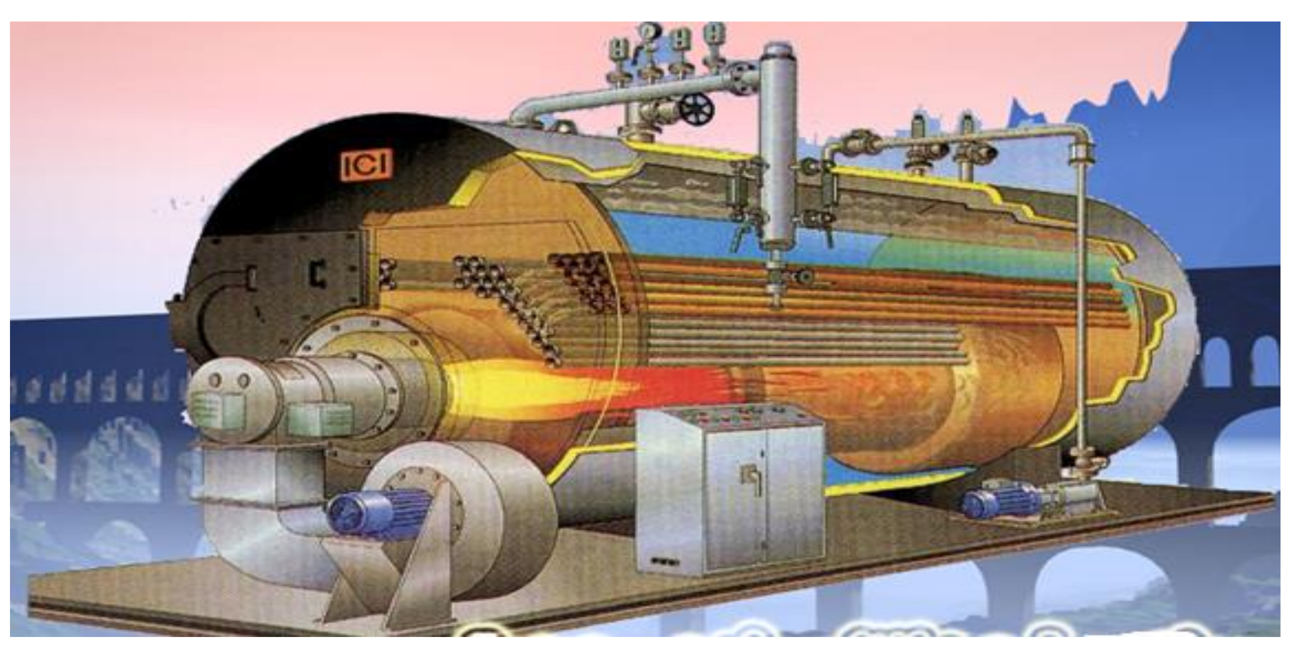
القيمة الحرارية و مكونات أنواع الوقود الشائعة الاستخدام في مصر

الوقود	وزن المكونات (نسبة مئوية)							القيمة الحرارية (كيلوجول/كجم)
	كربون	هيدروجين	كبريت	نيتروجين	أكسجين	رماد	ماء	الكلية
غاز طبيعي	75.0	25.0	--	--	0.00	--	--	55300
غازات بترولية مسيلة	*82.4*	17.6	--	--	0.00	--	--	46860
كيروسين	*86.0*	13.7	0.07	--	0.00	--	--	45900
سولار	*86.3*	12.5	1.00	0.05	0.05	0.1	--	44570
مازوت	*86.0*	10.5	3.00	0.05	0.05	0.2	0.2	43250
الوقود الحيوى	*24.7*	2.7	0.10	0.40	20.6			9473

ثالثاً : الغلايات Boilers

BOILER ROOM SCHEMATIC

Steam to Process
Exhaust Gases
Vent
Safety Valve Vents
Stack
Condensate Return From Process
Deaerator
Economizer
Safety Valves
Vent
FGR
Pumps
Boiler
Burner
Blowdown Separator
Water Source
Fuel
Softeners
Brine
Chemical Feed



هناك أنواع مختلفة من الغلايات (المراجل)، أبسطها هو الغلايات الأسطوانية ذات الغلاف ، و التي يتم تسخينها بواسطة لهب موجة الى جدارها الخارجي. و ينبغي عند اختيار نوع الغلاية، أو تصميمها، أن تتم مراجعة العوامل الحرارية و الهيدروليكية و الإنشائية و نوع الوقود وأنظمة الاحتراق، لتناسب أغراض التشغيل.

وتختلف المشاكل المرتبطة بالغلايات عموماً تبعاً لنوع الغلاية و نظام تشغيلها، لذلك فإنه من المناسب الإلمام ببعض المصطلحات مثل، الغلاية، مولدات البخار، الضغط المنخفض، الضغط العالي،غلايات تسخين المياه الساخنة (hot water heating boilers)

الغلاية أو مولد البخار :

هي وعاء ضغط محكم يتم تسخين السوائل بداخله (غالباً المياه). فإذا كان الغرض من استخدام الغلاية هو الحصول على المياه الساخنة فيطلق عليها اسم سخان مياه أو "غلاية المياه الساخنة" (hot-water boiler) . أما إذا كان الغرض من استخدام الغلاية هو توليد البخار (الرطب، المشبع ، أو المحمص) تحت ضغط مرتفع فيطلق عليها اسم "مولد البخار" (steam generator) . يتم تسخين المياه في الغلاية بواسطة الحرارة الناتجة عن حرق الوقود (صلب ، سائل ، غازي)، أو باستخدام الكهرباء أو الطاقة النووية . و يتم انتقال الحرارة إلى المياه داخل الغلاية عن طريق أسطح التسخين.

تعتبر وحدات توليد البخار هي أهم مصادر الطاقة في المنشآت الصناعية. و تتضمن تلك الوحدات خطين رئيسيين، خط الوقود و خط المياه، و هما خطان منفصلان تماماً عن بعضهما من حيث انتقال الكتلة (mass transfer) ، و العلاقة الوحيدة بين الخطين تتم من خلال انتقال الحرارة الناتجة من حرق الوقود إلى المياه و التي ينتج عنها توليد البخار . و يمكن التفريق بين وحدات توليد البخار المختلفة اعتماداً على ما يلي:

- ***نوع وحدة توليد البخار .***
- ***الاستخدام .***
- ***نوع الوقود .***
- ***التقنية المستخدمة لمعالجة المياه .***

و هناك وحدات أخرى لتوليد الطاقة يتم استخدامها في الصناعة مثل:

- ***مولدات الديزل .***
- ***التوربينات الغازية .***

وهناك متطلبات ينبغي ان تكون وتتوفر فى الغلايات لتفي بالغرض المطلوب مثل :

1) أن تكون الغلاية قادرة على إنتاج الحد الأقصى من البخار والأدنى من استهلاك الوقود.
2) أن تكون سعة الغلاية مناسبة للاستهلاك وتغيرات المستقبلية للحمل.
3) أن تعمل في بدأ التشغيل بسرعة.
4) تحمل الاجتهادات الحرارية والضغوط.
5) أن تكون مجهزة بوسائل أمان من الحوادث والانفجار.
6) سهولة الصيانة.
7) أن لاتشغل حيز كبير من المكان التي توجد به.
8) اقتصادية من حيث استهلاك الوقود والطاقة.
9) أن يكون هناك فراغ من جميع الجهات يسمح بسهولة التحرك للمتابعة والصيانة.

تصنيف الغلايات وفقاً لنوع وحدة توليد البخار (الشكل العام)

تقسيم الغلايات(Boiler classification)

يمكن تقسيم الغلايات من عدة أوجه مختلفة ولكن اهمها وأكثرها أنتشاراً فى مصافى تكرير البترول يمكن تقسيمها كالتالى:

تبعا للمائع المتدفق خلال المواسير

أولاً : غلايات مواسير اللهب (Fire-tube boiler) :

في هذا النوع من الغلايات تتدفق الغازات المرتفعة فى درجة حرارتها الناتجة عن الاحتراق عبر قنوات (غالباً ما تكون على شكل مواسير) تمر داخل وعاء للماء . كما يحتوي هذا الوعاء أيضاً ماسورة كبيرة (ماسورة اللهب flame tube) يتم بداخلها حرق الوقود . غالباً ما تستخدم غلايات مواسير اللهب لأغراض التسخين و الأغراض التجارية و الاستخدامات الصناعية. و تؤثر متطلبات انتقال الحرارة على شكل الغلاية و تركيبها بحيث يسمح تصميمها باستخلاص و نقل أكبر قدر من الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتراق إلى المياه .

و تباع غلايات مواسير اللهب في شكل وحدة واحدة تتضمن وعاء الضغط (pressure vessel)، الحارق أو الولاعة و المكونات الأخرى مجمعة على شكل وحدة يتم اختبارها بالكامل من قبل المصنع قبل شحنها إلى الجهة المطلوبة و يتم تسليمها كمنتج سابق التركيب و معد ليحتل مكانه المحدد داخل المنشأة بسرعة بعد التوصيل بمصادر الكهرباء و خط إمداد الوقود و المياه.

غلايات مواسير اللهب (Fire-tube boiler) :



قطاع فى غلاية بخارية

بلف امان

بلف عدم رجوع

عوامة جانبية

مواسير الدخان

الولاعة

طلمبة مياه

بيت النار

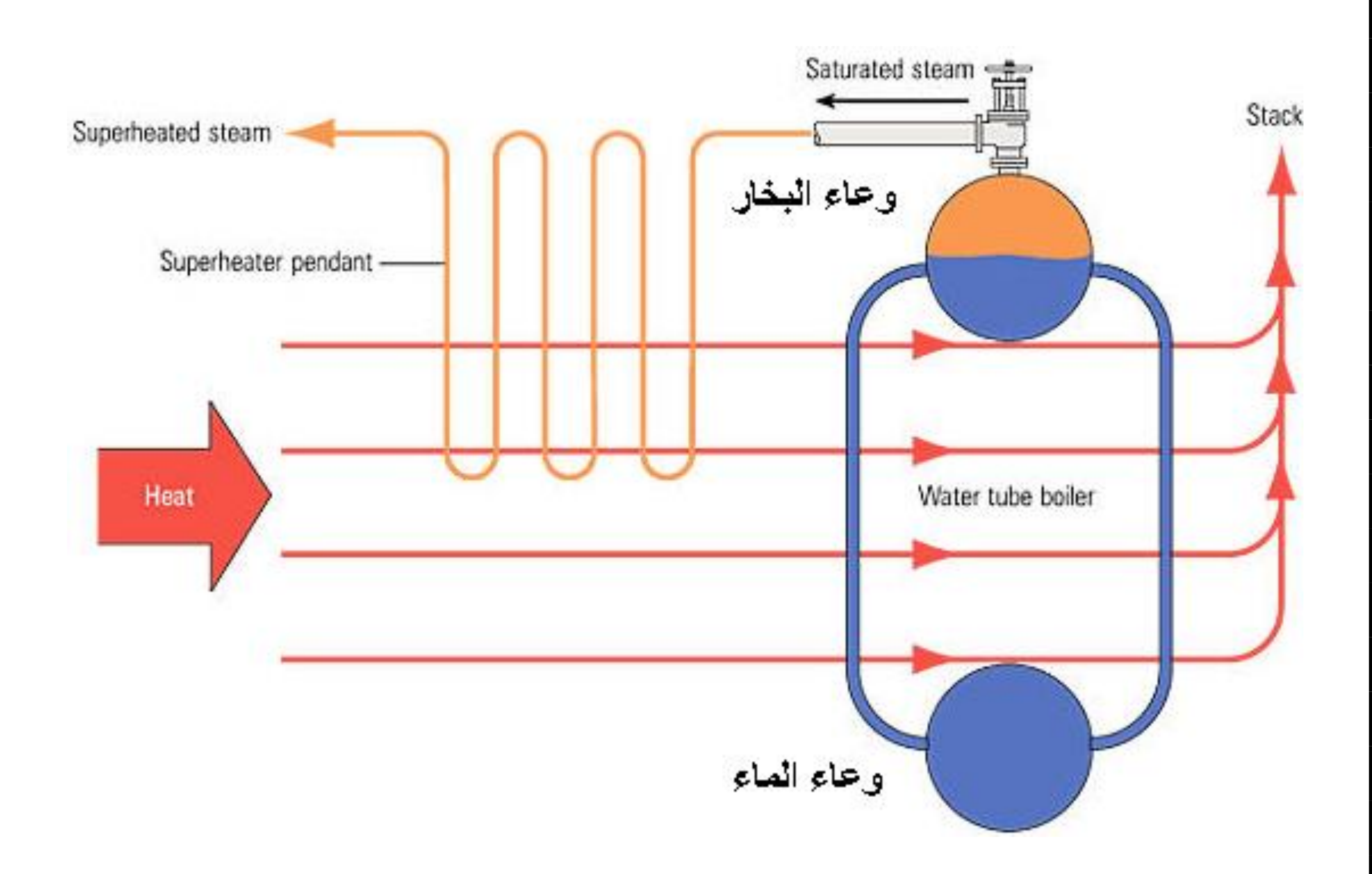
ماسورة اللهب

مروحة هواء

ثانياً: غلايات مواسير المياه (Water Tube Boiler)

في هذا النوع من الغلايات تتواجد المياه داخل مواسير حيث تتدفق نواتج الاحتراق (الغازات الساخنة) من حولها.

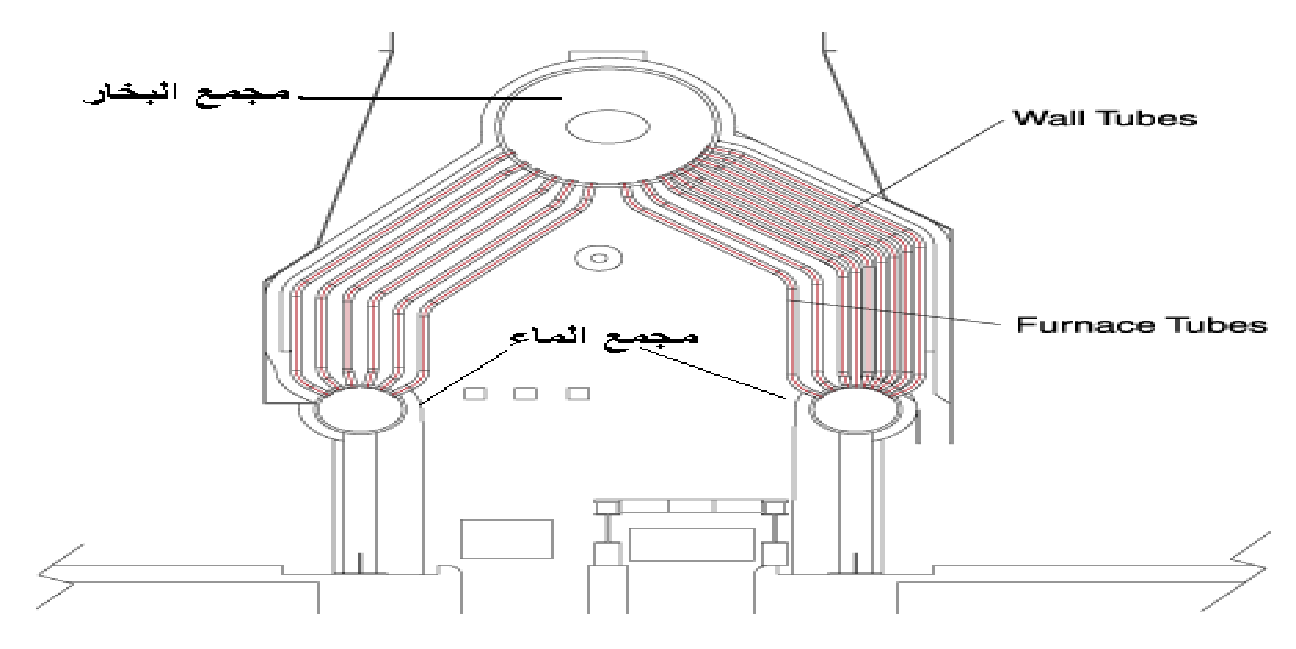
تتكون أسطح التسخين في الغلاية من مجموعة من المواسير، بعضها معرض مباشرة للهب و البعض الآخر معرض لتدفق الغازات الساخنة الناتجة عن احتراق الوقود . و تزود مجموعات المواسير بعوارض جارفة (Baffles) تعمل على إيجاد مسارات متعددة لتيار الغازات الساخنة المتدفق لتزيد من كفاءة أسطح التسخين . و بهذا تنتقل الحرارة إلى المياه في الغلاية عبر مواسير رقيقة المقطع مقارنةً بسمك جدار غلاية مواسير اللهب. و يمكن بالتالي زيادة ضغط التشغيل (working pressure) أكثر مما هو متاح في غلايات مواسير اللهب . كما يمتاز هذا النوع من الغلايات عن غلايات مواسير اللهب من ناحية انخفاض الأضرار التي قد تنتج من حدوث تشققات بأحد المواسير إذا ما قورنت بالأضرار التي قد تنتج من جراء تصدع أو تشقق الغلاف المحيط بغلاية مواسير اللهب .

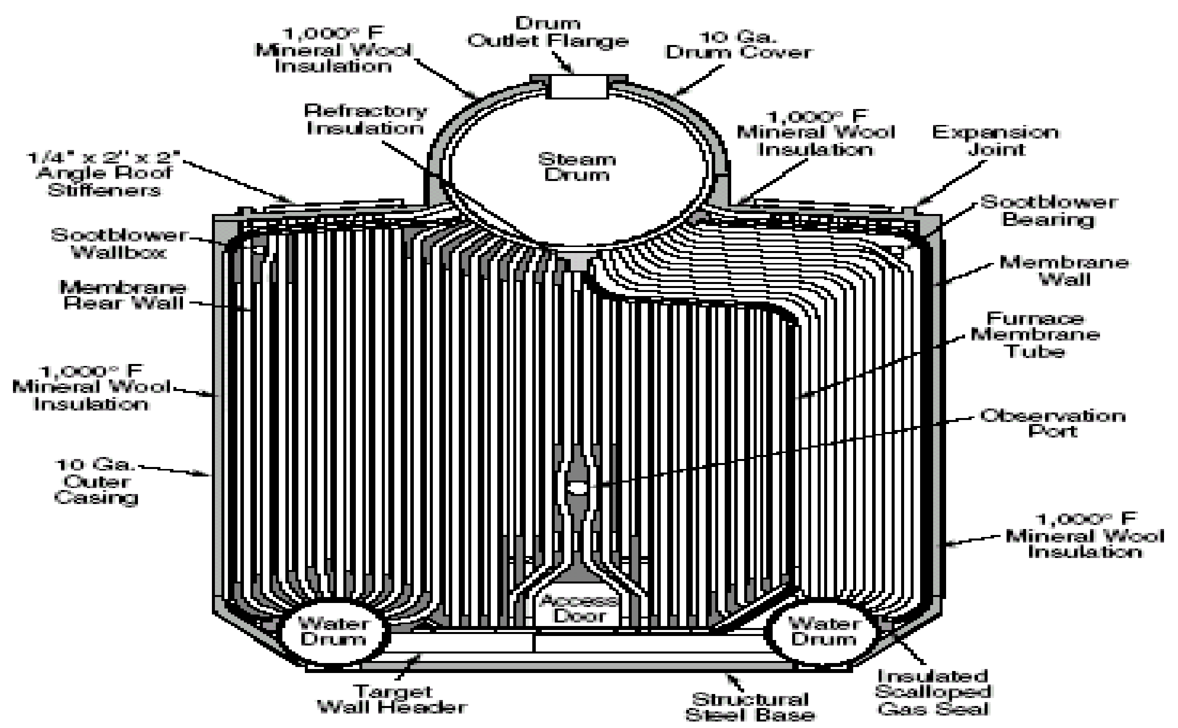


ويتواجد هذا النوع فى مصافى تكرير البترول بأشكال مختلفة حيث يوجد منها ثلاثة اشكال اساسية هى

اولا: غلاية على شكل حرف (A)   A – type water tube boiler

وفيها تتكون الغلاية من مجمع بخار Steam drum وإثنان من مجمعات الماء water drum

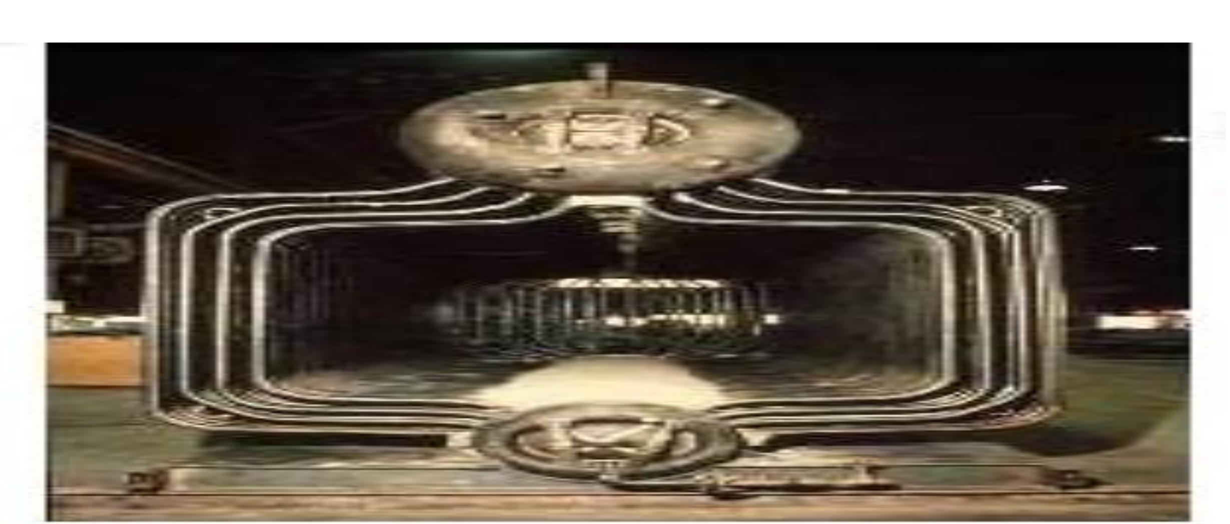




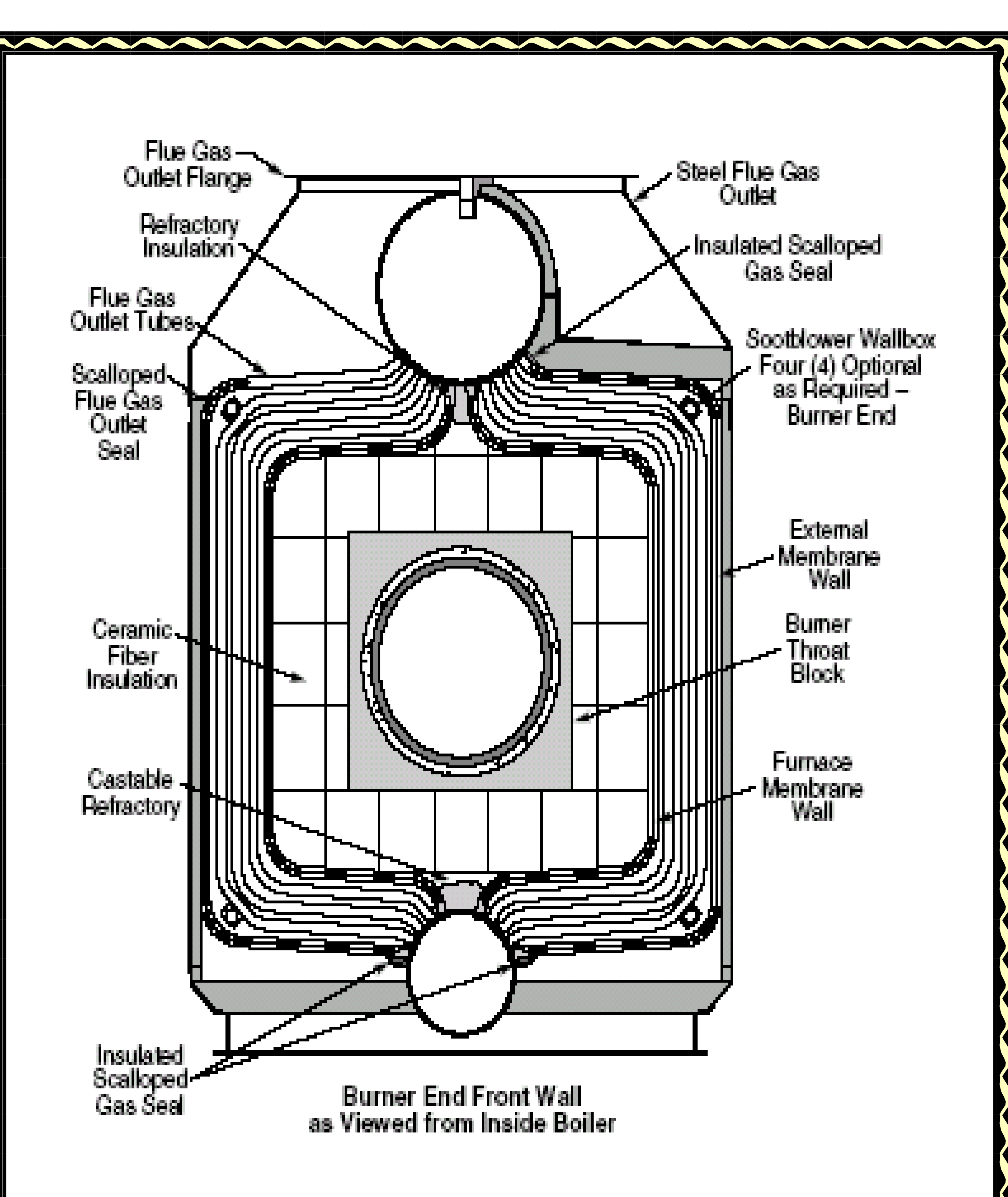
Target End Back Wall
as Viewed from Inside Boiler

ثانياً: غلاية على شكل حرف (O)   O – type water tube boiler

وفيها تتكون الغلاية من مجمع بخار Steam drum ومجمع ماء واحد water drum غيران مواسير المياة تكون على شكل حرف O

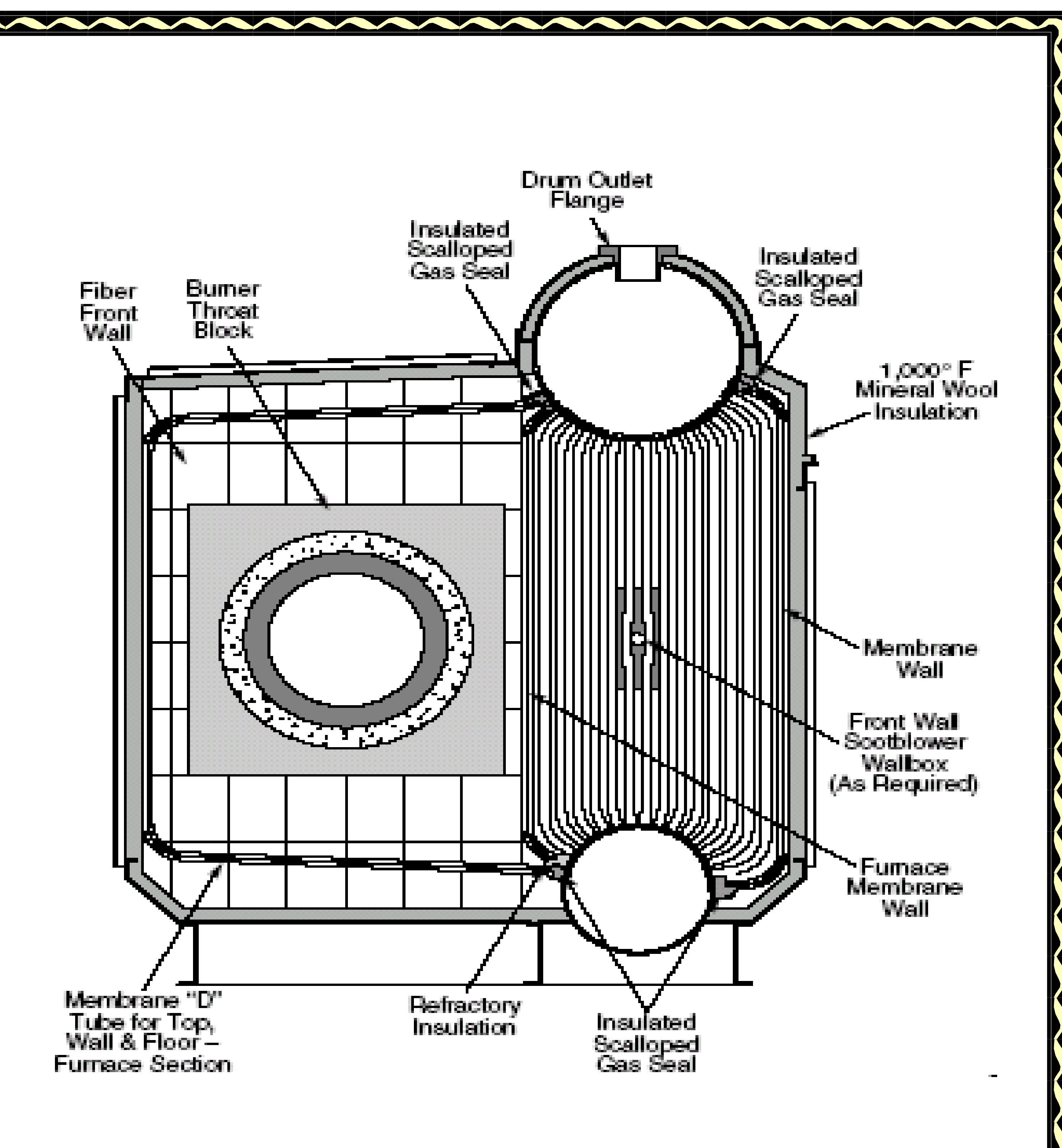


Watertube Boiler



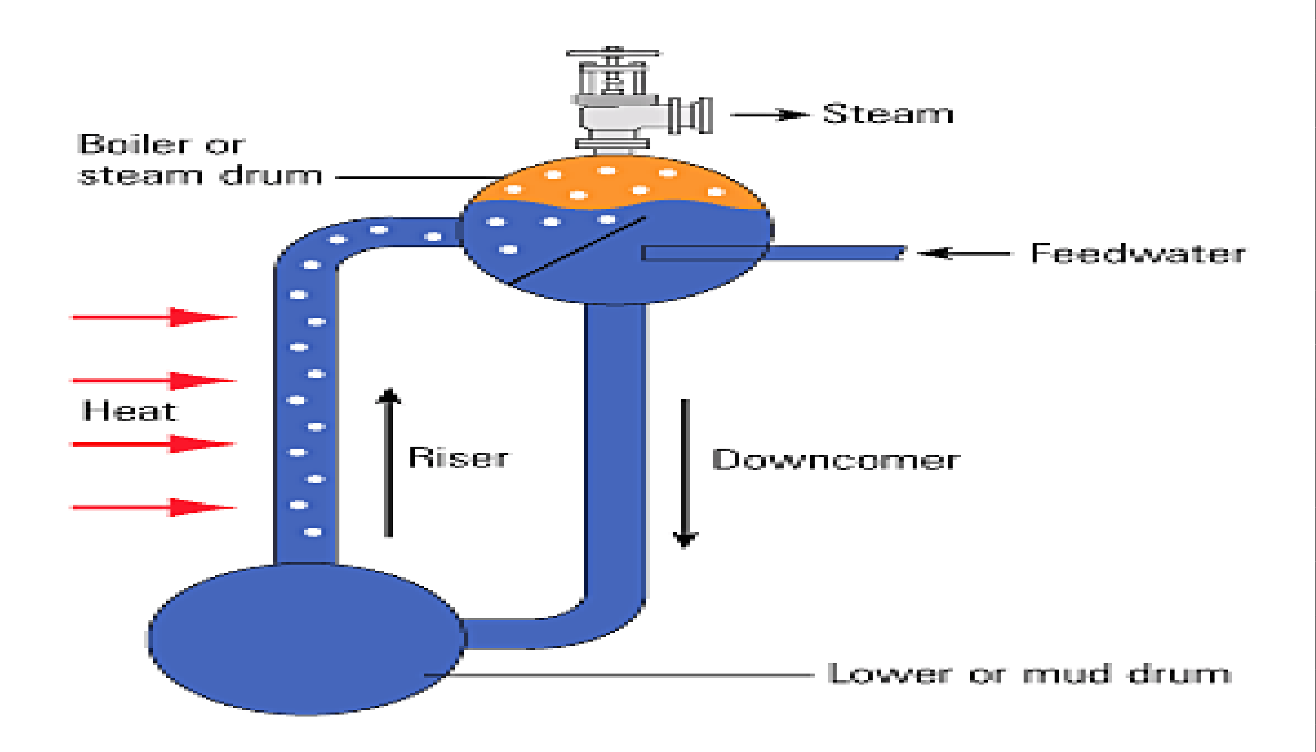
ثانياً: غلاية على شكل حرف (D) ***D – type water tube boiler***

وفيها تتكون الغلاية من مجمع بخار Stean drum ومجمع ماء واحد water drum غيران مواسير المياة تكون على شكل حرف D



ويتكون هذا النوع من ثلاثة اجزاء اساسية وهى :

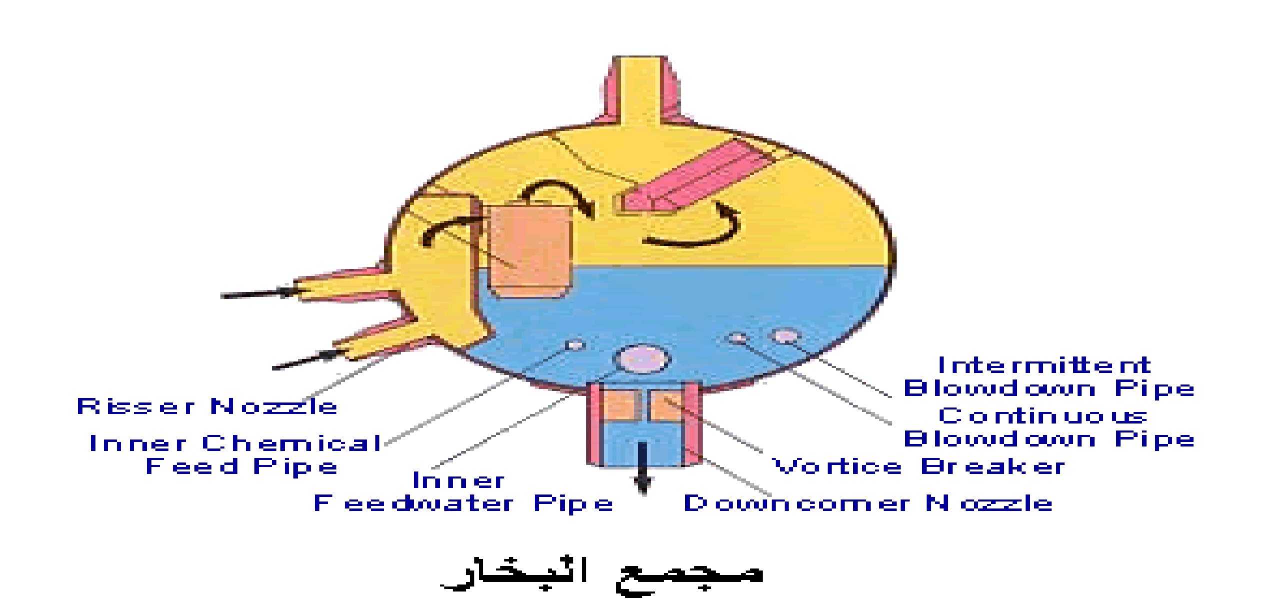
1. وعاء البخار steam drum
2. وعاء الماء Water drum
3. مواسير المياه water tube



أولاً : وعاء البخار Steam drum

وعاء البخار steam drum يكون موقعه في أعلى المرجل البخاري ويوجد داخله مجموعة أنابيب أهمها أنبوب توزيع الماء الداخل إلى المرجل feed water distribution والذي يكون مثقف ويمتد بطول حيث يدخل الماء المعالج الذى يتم تدفيعة بواسطة مضخات دفع مياه المراجل إلى وعاء البخار والخارج من مزيل الغازات الـDeaerator عن طريق المضخات ويتوزع داخل الوعاء ثم يبدأ بالنزول عن طريق أنابيب الماء النازل down comers إلى وعاء الماء الموجود أسفل المرجل Water drum . كذلك يحتوي وعاء البخار على أنابيب التفوير المستمر continuous blow down والتي يتم عن طريقها التخلص من الأملاح المذابة في الماء,حيث يدخل أنبوب التفوير المستمر والمزود بصمام يدوي إلى خزان Flash tank ليتم إرجاع البخار إلى منظومة Low pressure system حيث يكون أنبوب البخار مزود بصمام عدم إرجاع valve Check لضمان عدم رجوع البخار إلى الخزان flash tank مرة أخرى بينما يدخل الماء عن طريق صمام steam trap إلى خزان التفوير Blow down tank . وتوجد على جانبي وعاء البخار بوابتان تغلقان إلى الخارج تمنعان تسرب الماء والبخار خارج الوعاء وفي أعلى وعاء البخار يوجد صمام تهوية Vent حيث يتم عن طرقه تفريغ أنابيب المرجل والوعاء من الفقاعات الهوائية في بداية التشغيل وعند وصول الضغط إلى , ويوجد ايضاً صمامات أمان(safty valve) تعمل على تفريغ الضغط الزائد في حالة ارتفاعه داخل steam drum لحماية المرجل , ويوجد أيضا على وعاء الضغط مقياس لمستوى الماء حيث يعمل هذا

المقياس في المرجل على السيطرة على مستوى الماء داخل وعاء الـ steam drum , ويوجد داخل وعاء البخار أنبوب إضافة المواد الكيمياوية المضافة إضافة إلى ذلك يوجد مجموعة السايكلون cyclone – tube separator والتي تقوم بالتقاط قطرات الماء الموجودة في البخار ومنعها من الخروج إلى المحمصة حيث يصبح البخار جاف وخالي من الرطوبة. كما يوجد ايضآ جهاز الفصل الميكانيكي (scrubber) حيث تتكون من عدة طبقات(baffles) تسمح بمرور البخار وتمنع مرور الماء ولذلك سوف تتجمع قطرات الماء المفصولة وفائدة هذه الطبقات هو زيادة المساحة السطحية التي يتعرض لها البخار المشبع مع قطرات الماء وبذلك تتم عملية الفصل بشكل أفضل حيث يخرج البخار من ال scrubber بشكل (saturated vapor). كما يوجد ايضآ على وعاء البخار من الجانبين الأمامي والخلفي زجاجات مستوى الماء (gage glasses) لمعرفة مستوى الماء في المراجل إضافة إلى أجهزة الآلات الدقيقة التي تنقل الإشارات المختلفة عن حالة المرجل مثل انخفاض مستوى الماء وغيرها . أن وعاء البخار يحتوي بداخلة على حاجز يعمل هذا الحاجز على الفصل بين البخار الصاعد والماء النازل.



مجمع البخار

ثانياً: وعاء الماء Water drum (Mud drum)

يكون استخدام mud drum في التصميم لتصريف المواد المتجمعة (الاملاح المترسبة) نتيجة التبخير العالي ويحتوي على الماء فقط بينما يحتوي الدرم العلوي Steam drum ماء التغذية و البخار المشبع Saturated steam الذي يؤخذ الى ملفات التحميص Superheated steam

ويقوم ايضاً بعملية التفوير المتقطع حيث يتدفق الماء المشبع Saturated water من steam drum الى Mud drum عبر أنبوب يسمى Downcomer ، ثم يصعد مرة أخرى الى steam drum باختلاف الضغط عبر أنبوب آخر يسمى Riser وهو الأنبوب الخارج من (mud drum) وتكون مواقد اللهب Burners موجهة اليه حيث يتم فيها تسخين الماء الصاعد الى مجمع البخار Steam drum وهنا نقطة مهمة في عملية التصميم اذ لابد أن يضع المصمم في حسبانه مقدار الضغط المتولد من هذه العملية على جدران الأنابيب خاصة وأنه سوف يتكون في منطقة Riser فقاعات وحرارة شديدة وزيادة في التمدد. more expansion

ثالثاً: مواسير المياة water tube

وهى تلك المواسير التى تقوم بالوصل بين مجمع البخار ومجمع الماء وهى نوعان تلك التى تقوم بتوصيل الماء من مجمع البخار الى مجمع الماء تسمى Down comer tube اما التى تقوم بتوصيل المياة من مجمع الماء الى مجمع البخار فتسمى Riser tube وهى الاكثر عرضة للهب لذا لابد من مراعاة ذلك فى تصميمها .

ثالثاً: الغلايات المركبة (Composite Boiler)

تقوم فكرة تصميم هذا النوع الحديث من الغلايات على دمج طريقة تشغيل غلايات مواسير اللهب و مواسير المياه معاً ولكن هذا النوع غير واسع الانتشار فى الصناعة

خصائص غلايات مواسير اللهب و غلايات مواسير المياه

	مواسير اللهب	مواسير المياه
الضغط	محدد بمقدار 20-30 بار (20 بار للغلايات ذات الحجم الأكبر)	غير محدد
السعة أو القدرة الحرارية	محددة بحوالي 20 ميجاوات	غير محددة
أنواع الوقود المستخدمة	كافة أنواع الوقود التجاري	غير محددة حيث أنه يمكن تصميم الفرن ليناسب نوعاً معيناً من الوقود نظراً لاتساعه
التكلفة	منخفضة مقارنة بمواسير المياه	مرتفعة مقارنة بمواسير اللهب
التركيب	وحدة واحدة أو متكاملة جاهزة للتشغيل بعد توصيلها بالخدمات اللازمة في الموقع	يمكن تجميعها بالمصنع أو تركيبها في الموقع
الكفاءة	80-85% (القيمة الحرارية العليا) تبعاً لنوع الوقود و يمكن	85-90% (القيمة الحرارية العليا) تبعاً لنوع الوقود. الغلاية مزودة بالموفر أو

	زيادة النسبة بتزويد الغلاية بالموفر (economizer)	بمسخن هواء (preheater) ويمكن استخدام الاثنين لزيادة الكفاءة إلى الحد الأقصى
الغرض من مياه الاستخدام	أغراض التسخين وتوليد بخار مشبع للصناعة	توليد الطاقة وتوليد البخار للعمليات الصناعية

تصنيف الغلايات وفقاً للاستخدام

يمكن تقسيم أنظمة الغلايات إلى:

1) غلايات لتوليد الطاقة الكهربية .
2) غلايات البخار عالي الضغط للاستخدام الصناعي .
3) غلايات البخار منخفض الضغط للاستخدام الصناعي .
4) أنظمة التسخين بالبخار
5) أنظمة تستخدم سوائل تسخين أخرى غير دورة المياه-البخار

أنظمة البخار لتوليد الطاقة الكهربية

تستخدم الغلايات ذات مواسير المياه لتوليد الطاقة الكهربية في المرافق العامة، و هي تعمل عند مستويات من الضغط تحت الحرج (sub-critical pressure) مرتفعة بشكل ملحوظ ، كما تستخدم في بعض وحدات الطاقة عند ضغوط فائقة الحرج (super-critical pressure). و يمد مولد البخار التوربينات بالبخار المحمص. وفي الوحدات الحديثة تكون الغلايات مزودة بملحقات مساعدة مثل: المحمصات (superheaters)، ملفات إعادة التسخين (reheaters) ، سخانات الهواء (preheaters) والتي تزيد من الكفاءة الحرارية للوحدة .

أنظمة العمليات عالية الضغط (High-Pressure Steam Systems)

تستخدم في هذه الأنظمة غلايات مواسير لهب Fire tube أومواسيرمياه Water tube، تبعاً للضغط أو السعة المطلوبة. ويستخدم البخار لإمداد التوربينات بالقدرة اللازمة لتشغيل المكابس والمضخات

والمعدات الشبيهة، كما يستخدم أيضاً لسد احتياجات العمليات الصناعية من درجات حرارة مرتفعة و ضغط عالي .

أنظمة عمليات الضغط المنخفض (Low-Pressure Steam System)

تصنف الغلايات و سخانات المياه التي تعمل عند ضغط تحت واحد بار (1 bar) مقاس كأنظمة ضغط منخفض.

غلايات التسخين بالبخار (Steam-Heating Boiler)

تتكون غلايات التسخين بالبخار من وحدات ضغط منخفض مصنوعة من الصلب، و في بعض الأحيان تستخدم غلايات الضغط المرتفع المصنوعة من الصلب في المباني السكنية الكبيرة أو المنشآت الصناعية الضخمة، و في مثل هذه الحالات تزود خطوط البخار بصمامات لتخفيض الضغط في أجهزة التسخين بالإشعاع الحراري (radiators) و سخانات الحمل الحراري (convectors) و ملفات البخار (steam coils). و تعمل أنظمة تسخين البخار في دوائر مغلقة تضمن عودة متكثفات البخار إلى الغلاية.

تعليمات تجهيز الغلاية للتشغيل:

1) التأكد من أن المياة التي تغذي الغلاية مياه معالجة بمعنى اجراء الاختبارات المعملية عليها
2) يتم مراجعة منسوب خزان المياه للتأكد من وجود المياه به
3) ملاحظة اتجاه دوران طلمبة تغذية المياه
4) التأكد من أن بلوف السحب والطرد لطلمبات تغذية المياه مفتوحة
5) التأكد من سلامة أجهزة البيان وذلك عن طريق تصفية زجاجة البيان للتأكد من رجوع المياه إلي منسوبها الطبيعي بعد الاختبار ومتابعة قرآت مانومتر الضغط
6) التأكد من منسوب المياه داخل الغلاية عن طريق أجهزة البيان
7) التأكد من سلامة العوامة الجانبية وذلك بتفوير المياه منها والتأكد من عمل طلمبة المياه بها لتعويض الغلاية بالمياه

8) ***التأكد من سلامة العوامة الرأسية وذلك بتفوير الغلاية حتى تعمل طلمبة التغذية***

9) ***يتم إعادة ضبط العوامة حسب المستويات المختلفة في حالة عدم قيام العوامة بإعطاء الإشارة المحددة للطلمبة التغذية***

10) ***التأكد من أداء العوامة الرأسية (الداخلية)وذلك بفتح صمام التفوير للغلاية حتى يظل مستوي الماء داخل الغلاية للحد الادني الذي يجب أن تفصل فيه العوامة ولايتم إعادة التشغيل الا بعد رجوع مستوي المياه للغلاية للمستوي الطبيعي***

11) ***يجب التأكد من عمل محبس التفوير للغلاية وذلك بتفوير بعض المياه وملاحظة تسرب المياه من ماسورة التفوير***

12) ***التأكد من قراءة مانومتر ضغط (الوقود)الغاز***

13) ***التأكد من نظافة موجه الهواء وفوهة خروج (الوقود) الغاز***

14) ***التأكد من نظافة الخلية الضوئية (photo cell)***

15) ***التأكد من نظافة فلاتر (الوقود) الغاز***

16) ***التأكد من أن بلوف السحب والطرد لطلمبات تغذية المياه مفتوحة***